

실험수업 유형 분류틀 개발

양일호 · 정진우 · 허명¹ · 김석민^{2*}

한국교육대학교 · 이화여자대학교¹ · 고양한내초등학교²

The Development of Laboratory Instruction Classification Scheme

Yang, Il Ho · Jeong, Jin Woo · Hur, Myung¹ · Kim, Seog Min^{2*}

Korea National University of Education · Ewha Womans University¹ · Koyang Hanne Elementary School²

Abstract: The purpose of this study was to develop a classification scheme for laboratory instruction, which could occupy a central and distinctive role in science education. For this study, literature on laboratory instruction types were analyzed. Utilizing several of these theoretical frameworks, a Classification Scheme for Laboratory Instruction (CSLI), which clearly represents various features of laboratory instruction, was created. The developed CSLI consisted of two descriptors: one is the procedure for laboratory instruction, and the other is a way of approach. The procedure is either designed by the students or provided for them from an external source. A dichotomy also exists for the approach taken toward the activity: deductive or inductive. Validity was established for the CSLI. In addition, laboratory instruction according to CSLI was divided into four types: verification, discovery, exploratory, and investigation. Although this study demonstrated only limited features of laboratory instruction due to the absence of a field test, it serves as a model for more comprehensive studies.

Key words: descriptors, laboratory instruction, procedure, approach

I. 서 론

과학교과가 타 교과와 구별될 수 있는 가장 큰 특징 중의 하나는 실험이 포함되어 있다는 것이다. 과학교과에서 실험을 하는 이유는 실험 자체의 기능 때문이다. Bybee(2000)는 실험수업을 통해 학생들의 과학개념적 지식과 기능과 같은 절차적 지식을 향상시킬 수 있다고 하였으며, Lunetta(1998)는 실험수업을 통해 과학교육의 중요한 목표 중 하나인 과학의 본성에 대한 이해를 향상시킬 수 있다고 하였다. 또한 Lazarowitz와 Tamir(1994)는 실험수업을 통해 학생들에게 흥미를 유발시키고 동기를 부여할 수 있다고 하였다. 특히 Hofstein과 Lunetta(1982)는 실험수업에 관한 문헌들을 리뷰한 뒤에 과학적 개념들의 이해, 흥미와 동기 유발, 과학적 실습 기능과 문제 해결능력, 과학적 태도, 과학의 본성에 대한 이해와 같이 실험수업의 이익을 정리하였다. 즉, 여러 선행 연구물들을 분석하여 보면 실험수업은 과학교육에서 중심적이고 차별적인 역할을 수행해 왔으며, 실험수업을 통해 얻을 수 있는 많은 이익들이 있다(Hart *et al.*, 2000; Hofstein &

Lunetta, 1982, 2004; NRC, 1996; Tamir, 1976; Tobin, 1990; Woolnough & Allsop, 1985).

그러나 과학교육개혁 이후 줄곧 강조되어왔던 실험수업이 교육현장에서 정말 효과를 거두고 있는지에 대한 의문 또한 줄곧 제기되어온 것이 사실이다(APU, 1984; Friedler & Tamir, 1986; Gunstone, 1991; Hodson, 1996; Lave, 1988; Leach & Scott, 1995; Polman, 1999; Qualter *et al.*, 1990; Woolnough, 1994). 실험수업의 효과를 저해하는 요인으로 지목되고 있는 것들을 보면, 실험수업에 관한 권고사항과 실제 실험수업 사이의 심각한 불일치, 요리책 스타일의 실험수업 실시, 실험실습기능에 대한 평가의 부재, 시간과 자원의 부족 등을 들 수 있다(Hofstein & Lunetta, 2004). 이 중 실험수업의 유형과 관련된 비판들을 살펴보면, 적절치 못한 유형의 실험수업의 진행으로 인해 오히려 과학교육에 대한 혼란이 야기되고 있으며(Hodson, 1996), 실험수업을 담당하는 교사들이 다양한 실험수업을 설계해야 함에도 불구하고 이를 회피함으로써 실험수업의 효과가 오히려 저하되고 있다(Tobin, 1986)는 것이다.

*교신저자: 김석민(taurus1971@hanmail.net)

**2005.08.09(접수) 2006.01.11(1심통과) 2006.04.11(2심통과) 2006.05.23(최종통과)

이 외에도 실험수업 수행에서 실험의 목적과 내용에 맞는 유형을 사용해야 한다는 주장들도 제기되고 있는데, Hodson(1990)은 교사는 필요한 학습결과를 명확하게 하고 그 후에 어떤 실험수업이 목표를 달성하기에 가장 좋은 방식인지를 결정해야 한다고 하였다. 또 Millar 등(1998)은 교사가 실험수업의 실험과제와 교수전략을 설계할 때 실험수업의 유형이 많은 영향을 미치며, 따라서 실험수업을 설계하는 연구자와 교사를 위해 실험의 유형을 보다 상세화할 필요가 있다고 하였다. 실험수업은 그 유형에 따라 다른 목적에 이바지하며 따라서 실험수업의 유형이 다르면 얻을 수 있는 학습결과도 다르기 때문에(Domin, 1999; Gott & Duggan, 1995; Welzel *et al.*, 1998), 효과적인 실험수업을 위해서는 실험수업의 유형에 대한 보다 체계적인 분류와 연구가 필요하다.

그러나 실험수업의 유형에 대한 선행 연구들을 살펴보면, 대부분의 연구들이 실험수업의 목적, 개방화 정도, 학습 결과와 같은 한 가지 기준에 의한 분류를 하고 있다(예: Simpson & Anderson, 1981). 실험수업은 다양한 특성들의 유기적인 조합으로 이루어진다는 점을 고려할 때(Dana, 2001), 실험수업 특성의 어느 한 쪽만을 기준으로 하여 실험수업을 분류한다면 그 분류는 실험수업을 포괄하는 분류라고 보기는 어려울 것이다.

따라서 이 연구에서는 실험수업의 유형과 관련된 문헌 고찰을 통해 실험수업의 다양한 특성(예를 들면, 실험수업의 목적, 의도한 학습 결과, 실험수업의 주제, 실험수업의 전개방식 등)을 포괄할 수 있는 분류자(descriptor)를 추출하고 이를 활용하여 실험수업 유형 분류를 개발하고자 한다.

II. 연구 방법 및 절차

실험수업의 분류를 개발하기 위한 절차는 선행연구 문헌 분석을 통한 분류들의 분류자 설정, 분류들 생성, 타당도 검증의 순으로 진행되었다. 이를 보다 자세히 살펴보면, 실험수업의 정의와 특성에 관련된 다양한 참고문헌을 조사하고, 이를 통해 실험과 실험수업을 분리하여 각각의 정의를 내리고 이에 대한 타당도를 검증받았다. 그 후 실험수업의 제반 특성(예를 들면, 실험의 목적, 의도한 학습 결과, 실험의 주제 등)과 관련된 문헌들과 유형 분류들을 통해 실험수업을 분류할 수 있는 분류자를 선정하였다. 분류자를 선정할 후에는 이 분류자를 활용한 실험수업 분류들을 생성하였으며 각 실험수업의 유형에 대한 특성을 기술하였다. 각 실험수업의 유형에 대한 명명은 실험수

업의 유형에 대한 문헌에 나타난 특성들과의 대조를 통해 실시하였으며, 각 유형별 특성과 장단점을 기술할 때 이를 적극 반영하였다. 완성된 분류들은 과학교육전문가들의 타당도 검증을 실시하였다.

III. 분류를 개발

1. 실험수업의 정의

이 연구에서 분류의 대상이 되는 핵심적인 개념인 '실험수업'은 그 용어의 의미와 범위에 있어서 많은 오해와 혼란이 있어왔다. 따라서 이에 대해 살펴보고 분명한 의미와 범위를 가지도록 할 필요가 있다.

이와 관련된 문헌들을 살펴보면, 일반적으로 실험수업이라는 용어보다는 실험이라는 용어가 더욱 많이 사용되고 있음을 알 수 있다(Lazarowitz & Tamir, 1994). 그러나 실험이라는 용어가 사용되는 맥락과 의미를 살펴보면 이 또한 그 의미와 범위에서 많은 혼란이 있는 것을 알 수 있다. 우선 실험이라는 용어가 가지는 범위를 보면, 과학교육활동으로서의 실험이라는 개념과 과학자들이 수행하는 실험이라는 개념이 혼재되어 사용되고 있어 혼란을 주고 있다(예: Hegarty, 1990와 Lawson, 1995). 또한 실험을 과학교육활동의 일환으로 정의하는 경우에도 어디까지를 실험의 영역으로 볼 것인가에 관한 여러 이견들이 존재하는데, 예를 들면 실험의 영역을 조작활동 중심으로 국한시키는 경우(Wallace, 2004), 조작활동 전후의 활동을 모두 포함하는 경우(Chin, 2003; Dana, 2001), 단순 관찰이나 조사를 포함시키는 경우(Millar *et al.*, 1998) 등 과학교육 내에서 실험수업의 영역이 모호하게 정의되어 있다. 따라서 그동안 일반적으로 사용되었던 실험이라는 용어에 대해 보다 분명하게 정의를 내려야 할 필요성이 있다.

실험에 대한 정의에서 먼저 생각할 부분은 과학자들이 행하는 실험과 과학교육의 핵심적인 부분으로서 행해지는 실험수업에 관한 것이다. Morrow(2003)는 과학자들이 행하는 실험과 과학교육으로서의 실험수업의 특성을 비교하여 그 차이점을 지적하고 있으며, Millar 등(1998)은 실험수업을 Fig. 1에서 보여지는 것과 같이 과학교육활동의 하위 영역으로 정의하고 있다. 따라서 과학자들의 실험과 학교에서 과학교육활동의 일환으로 행해지는 실험수업은 서로 다른 특성과 목적을 고려하여 분명하게 구분되어야 할 것이다.

다음으로 생각해야 할 것은 과학교육활동의 일부인 실험수업의 영역에 관한 것이다. 과학교육활동 중 어디까지를 실험수업의 영역으로 볼 것인지에 관해서는

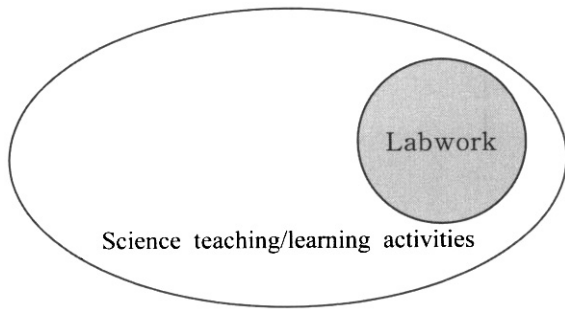


Fig. 1 Range of labwork (Millar et al., 1998).

오랜 세월동안 수많은 교육자, 과학교육자, 철학자들이 주장해왔다(이상원, 2002; Dana, 2001; Hegarty, 1990; Hofstein & Lunetta, 1982; Lawson, 1995; Millar et al., 1998). 이들이 내린 실험수업의 영역에 대해 기술한 바를 살펴보면, 실험수업을 재료의 조작 활동을 중심으로 국한시킬 것인지 아니면 조작활동의 전후 시간을 포함시킬 것인가 하는 문제이다. 실험수업에 대한 예전의 정의는 대부분 재료의 실제적인 조작활동에 집중해 왔지만 최근의 상황인지 맥락에서는 실험수업을 단순한 조작활동이라기 보다는 과학개념을 학습하는 것을 포함하는 실험 전과 후의 시간을 포함하는 것으로 다루고 있다. 따라서 이 연구에서는 실험수업의 영역을 정의함에 있어 재료의 조작 전과 후의 시간을 포함하는 것으로 정의한다.

실험수업의 개념에 대해 지금까지 살펴본 바에 따라 이 연구에서는 실험과 실험수업을 분리하여 다음과 같이 정의를 내렸다.

1) 실험(Experiments)

과학적 가설의 검증이나 지식을 생성하기 위하여 과학자들이 수행하는 자연

현상에 대한 관찰 또는 기구와 재료의 실제적인 조작활동이다.

2) 실험수업(Laboratory Instruction)

실험실이나 그와 비슷한 환경에서 행해지는 실험을 수반하는 수업활동을

말하며, 실험 전 관련 개념 학습과 실험 후 토론 및 정리 활동도 포함한다.

위에서 내린 실험과 실험수업의 정의에 대해서는 과학교육전문가 6인에게 타당도 평가를 의뢰하여 실험에 관한 정의는 4.17/5(5점 만점에 평균 4.17점), 실험수업에 관한 정의는 4.33/5로 적절하다는 평가를 받았다.

2. 실험수업의 유형 분류자 생성

과학교육자들은 실험수업의 특성을 포함하며 이들

의 차별성을 부각시킬 수 있는 실험수업의 유형에 대한 여러 가지 분류 방법을 제안해왔다(Gott & Duggan, 1995; Kapenda et al., 2002; Millar et al., 1998). 이들의 실험수업 유형 분류는 유형분류에서부터 수준 분류까지 다양하게 나누어지며, 실험수업의 범위에 대한 정의가 다르기 때문에 단순 비교는 쉽지 않겠지만 이들의 유형 분류를 살펴보고 그 이유와 분류방식을 살펴보는 것은 의미있는 일이 될 것이다.

Pellar(1961)는 실험수업의 각 단계별 주체에 따라 실험수업을 분류하였다. 실험수업을 문제진술, 가설설정, 실험계획, 실험수행, 자료수집, 결론의 6단계로 나누고 각 단계에서 주도적으로 활동하는 자가 교사인지 아니면 학생인지에 따라 유형을 나누었다. 이러한 과정을 거쳐 다섯 가지 유형의 실험수업을 도출하고 각 유형과 실험목적 사이의 관계를 서술하였다. 예를 들면 제 1유형은 실험수행과 자료수집만을 학생이 하고 나머지 단계들은 교사가 주도적으로 하는 수업 유형이고, 제 5유형은 모든 단계에서 학생이 주도적으로 활동을 하는 유형이다. 그러나 이러한 분류는 실험수업의 유형분류라기보다는 수준의 분류에 가까우며, 실험수업의 실제 진행에서는 각 단계들이 모두 나타나지는 않기 때문에 다섯 가지 유형 외에도 많은 유형들이 더 나타날 수 있다는 문제를 가지고 있다.

Schwab(1962)은 각 단계별 개방과 허용의 정도 즉, 자유성의 정도라는 분류자를 사용하여 실험수업을 분류하였다. Herron(1971)은 Schwab의 분류에 한 가지 수준을 더해 문제와 절차와 결론이 미리 정해져 있는 0 수준에서부터 이 모든 것이 개방되어 있는 3 수준까지 네 가지 수준으로 탐구의 유형을 분류하였다(Table 1). 후에 이 분류들은 Tamir(1976), Hegarty(1978)에 의해 탐구활동의 수준을 분류하기 위한 틀로 보다 정교하게 수정·보완되었다.

Table 1
Four levels of inquiry (Herron, 1971)

Level of Inquiry	Problems	Ways & Means	Answers
Level 0	Given	Given	Given
Level 1	Given	Given	Open
Level 2	Given	Open	Open
Level 3	Open	Open	Open

이 유형 분류의 기저에 있는 생각은 실험과제가 기존의 과학지식을 예증하려는 것인지 또는 참된 과학적 탐구의 양상을 따르려는 것인지에 관련되어 있다(Millar et al., 2002). 이 분류 또한 Pellar의 유형 분

류와 마찬가지로 수준의 분류라고 할 수 있으며, 다양한 실험의 특성을 나타내기보다는 그 활동이 참된 탐구활동인지 그렇지 않은 지를 극명하게 드러내기 위한 분류라고 할 수 있다. German 등(1996)은 Schwab과 Herron의 분류를 수정하여 탐구활동의 각 단계를 세분화하는 것을 통해 탐구활동의 수준을 일곱 가지로 분류하였다.

Simpson과 Anderson(1981)은 이들과는 조금 다른 분류를 제안하였는데, 실험의 목적에 따른 유형 분류가 그것이다. 실험수업의 목적과 유형은 긴밀한 관계를 가지고 있다는 전제아래 실험수업의 주요 목적을 추출하고 그 목적에 따라 실험수업의 유형 분류를 실시하였다(Table 2). Simpson과 Anderson의 이 분류는 실험수업의 목적과 유형의 관계를 잘 드러내고 있으며, 각 유형에 대한 예시와 교사의 역할까지 표시하고 있어 아직까지도 여러 문헌에서 이 분류방식을 사용하고 있다. 그러나 이 분류를 보다 자세히 들여다보면, 확인실험(verification)과 연역실험(deductive)의 접근방식과 그 목적에 있어서 일정부분 중복되어 있으며, 귀납실험(inductive)같은 경우는 실험수업의 목적

이라기보다는 실험수업의 접근방식과 관련이 있다는 것을 알 수 있다. 즉, Simpson과 Anderson은 이 실험수업 유형 분류자로 실험수업의 목적 한 가지를 내세우고 있지만 실제로는 실험수업의 목적과 실험수업의 접근방식이라는 두 가지 분류자가 혼재되어 사용되고 있음을 알 수 있다.

Ivins(1983)는 실험유형을 특별한 분류자를 사용하지 않고 기능개발(skills development), 확인(verification), 안내된 발견(guided discovery), 부분적 과학적 탐구(partial scientific inquiry), 완전한 과학적 탐구(full scientific inquiry)의 다섯 가지로 분류하고 있다. 이 분류를 보다 자세히 살펴보면, 부분적 과학적 탐구와 완전한 과학적 탐구의 분류 기준은 Schwab과 Herron의 각 단계별 자유도와 유사하며, 기능개발과 확인, 안내된 발견의 분류기준은 Simpson과 Anderson의 목적에 따른 분류와 맥이 달아있다. 이처럼 분류의 일관된 분류자를 사용하지 않는 분류들은 실험수업의 특성을 담아내지 못할뿐더러 오히려 혼란만 가중시킬 것이다.

Collette와 Chiappetta(1984)는 학습결과를 분류자

Table 2
Types of laboratory activities (Simpson & Anderson, 1981)

Type of Lab	Major Objective	Example	Role of Teacher
Verification	Allow students to experience in a concrete fashion abstract knowledge	After students are told how oxygen can be produced, they are allowed to do it in a chemistry lab	Teacher provides opportunities for students to witness events that have previously been discussed in class or described in reading assignments
Exploratory	Encourages students to become aware of and interested in new materials and phenomena	Students are given mealworms and asked to describe the way they behave	Teacher encourages students to probe and investigate new materials and phenomena in an "open-ended" fashion
Inductive	Allow students to organize facts into meaningful generalizations and principles	Students investigate the effect of the mass of the bob and the length of the string on the period of a pendulum	Teacher asks questions rather than giving answers. Students are guided toward discovering a relationship or important concept on their own
Deductive	Allow students to explain events in terms of major concepts or principles	Students set up crosses with fruit flies and predict genotypic and phenotypic ratios	teachers encourage students to apply previously learned principles in explaining, predicting, or describing an event
Skill Development	Mastery of skills needed to perform laboratory activities	Using a balance, making a wet mount, and finding the hardness of minerals	Teacher provides opportunities for practice and appropriate feedback or assistance until students have mastered prescribed skills
Process Development	The ability to use the problem-solving processes of science	Students predict what will happen when a marshmallow is placed in a vacuum and then be able to test their predictions	teacher pays particular attention to how students go about solving problems and formulating answers. Direct assistance is given to students having difficulty with objectives of lab

로 하여 실험수업을 다섯 가지로 분류하였다. 그들은 다른 유형의 실험수업은 다른 학습결과들을 이끌어낸다는 전제하에 ‘바라는 학습결과’에 따라 확인·연역 실험(verification and deductive laboratory), 귀납 실험(inductive laboratory), 절차 중심 실험(science process-oriented laboratory), 기능 중심 실험(technical skills-oriented laboratory), 탐색 실험(exploratory laboratory)으로 분류하였다. 그러나 앞에서 이미 설명했던 것처럼 귀납과 연역실험의 분류는 학습결과에 대한 분류라기보다는 접근방식에 대한 분류로 보는 것이 보다 타당하며, 학습결과만을 분류자로 사용하는 분류로는 실험수업의 다양한 특성을 담아내기 어렵다.

Woolnough와 Allsop(1985)은 실습활동을 네 가지-이론의 예증(illustrations), 표준절차들을 실습하는 훈련(exercises), 학생들에게 현상에 대한 느낌을 주는 경험(experiences), 학생들이 과학적 탐구를 경험하도록 해주는 연구(investigations)-로 구분하는 일반적인 분류방식을 제안하였다. 후에 Woolnough(1994)는 이 분류를 수정하여 예증(illustrations)을 과학적 논증을 발달시키거나 동기를 유발시키기 위한 시범실험(demonstrations)으로 교체하였으며, 연구(investigations)를 가설 검증(hypothesis testing)과 문제 해결(problem solving)의 하위 영역으로 보다 세분하여 나타내었다. Woolnough와 Allsop의 이러한 분류는 학습결과와 깊은 관련이 있으며, 연구(investigations)를 실험수업의 가장 중요하고 핵심적인 유형으로 묘사하고 있다. Kirschner와 Meester(1988)는 이와 비슷하게 실습활동을 법칙과 개념을 예증하기 위한 형식적 실험(formal), 개방적인 실험(experimental), 일반적인 활동과는 다른 실험(divergent), 기능·절차(skills/procedures)와 관련된 실험으로 분류하였다. 이 밖에도 Woolnough와 Allsop(1985)은 화학실험수업의 유형을 연구 전략과 기법(different research strategies and techniques)을 분류자로 하여 개념학습을 돕는 실험, 실제 기능과 기술을 개발하는 실험, 변수들 사이의 관계를 조사하는 실험, 화학적 합성을 필요로 하는 실험, 화학적 분석을 필요로 하는 실험의 다섯 가지로 구분하고 있다.

Gott와 Duggan(1995)은 학습결과를 분류자로 하여 실습활동을 다섯 가지로 분류하고 있다(Table 3). 절차적 기능을 획득하기 위한 기능(skills), 실제 대상과 사상에 학생들의 과학적 개념을 적용할 기회를 제공하기 위한 관찰(observation), 개념, 법칙, 원리를 획득하거나 발견하기 위한 탐구(enquiry), 개념, 법칙, 원리를 증명하거나 확증하기 위한 예증(illustration), 문제를 해결하기 위해 개념, 인지적 절차와 기능을 사

용할 기회를 제공하기 위한 연구(investigation)가 그것이다. Gott와 Duggan이 제안한 분류의 특징은 실습활동의 목적을 아우르는 분류를 하고 있다는 점이며, 연구(investigation)는 개념적 이해와 절차적 이해 두 측면 모두를 획득하기에 바람직한 유형으로 묘사되고 있다. 그러나 이 분류에서는 각 유형 간의 관계가 분명하게 드러나지 않으며, 탐구 유형의 경우에 개방된 탐구와 안내된 탐구의 두 가지 의미를 모두 포함하는 것이 아닌 안내된 탐구 한 가지만을 의미하기 때문에 탐구라는 말을 사용하는 것이 부적절하다는 문제점을 지적할 수 있다. 안내된 탐구만으로 의미를 한정하기 위해서는 탐구라는 용어대신 발견(discovery)이라는 용어를 사용하는 것이 더 적당할 것이다(Domin, 1999).

Brown(1995)은 Woolnough(1994)와 마찬가지로 실습활동을 목적과 관련하여 실습(exercises), 연구(investigations), 실험(experiments), 시범실험(demonstrations), 야외연구(fieldwork)의 다섯 가지로 분류하고 있다. 이 분류 또한 연구를 가설 검증과 문제 해결의 두 가지 하위영역으로 재분류하고 있으며, 야외연구가 새롭게 추가되었다는 점이 특이하다. 그러나 Brown의 분류에서 학생들에게 특정한 현상을 소개하기 위한 활동을 실험(experiments)이라는 유형으로 설정한 것은 문제가 있어 보인다. 왜냐하면 일반적으로 사용되고 있는 실험의 정의를 고려할 때 실험이라는 용어를 이처럼 협의의 의미로 사용하는 것은 많은 혼란을 가져올 수 있으며, 다른 많은 연구에서도 이것을 ‘실험’ 유형으로 분류하기 보다는 ‘경험’(experiences)이라는 유형으로 분류하고 있기 때문이다(Woolnough, 1994).

Table 3
The classification of types of practical work by their learning outcome (Gott & Duggan, 1995)

Type of practical	Principal learning outcome	
	Conceptual understanding	Procedural understanding
Skills		(skill)acquisition
Observation	application	
Enquiry	acquisition	
Illustration	consolidation	
Investigation	application	application and synthesis

Welzel 등(1998)은 실험수업을 전형적인 실험, 시

범 실험, 현대기술을 사용하는 실험, 개방적인 실험, 학생들에 의해 수행되는 실험의 다섯 가지로 분류하고 있으며, 각 유형의 실험수업이 실험의 목적을 달성하는데 어느 정도 유용한지를 유럽 6개국의 교사와 연구자들을 대상으로 하는 델파이 연구를 통해 밝히고 있다. 예를 들면 이 델파이 연구를 통해 전형적인 실험은 실험에 관한 기술을 습득하는 것과 이론과 실제를 연결하는 데 유용하며, 사회적 능력을 개발하는 데는 그다지 유용하지 않다고 조사되었다. 그러나 이 연구에서 설정되어 있는 실험수업의 유형은 실험수업의 특성을 드러내는 분류자에 의한 분류이거나 체계적인 델파이 연구에 의해 도출된 것이 아니며 교사들을 대상으로 한 설문지의 내용 분석을 통해 결정된 것이며 몇 가지 문제를 내포하고 있다. 이 다섯 가지의 실험은 서로 상호배타적이지 않으며 그 영역이 많은 부분에서 겹쳐져 있음을 알 수 있다. 예를 들면 개방적이며 학생들에 의해 수행되는 현대기술을 사용하는 실험은 얼마든지 존재할 수 있으며, 그 외에도 각 실험수업의 영역이 서로 겹쳐져 나타날 수 있는 많은 경우가 있다. 또한 이 유형 분류에서 사용되고 있는 분류자에 대해 살펴보면, 시범실험과 학생에 의해 수행되는 실험은 실험의 주체에 관한 문제, 개방적인 실험은 실험수업의 개방도에 관한 문제, 현대기술을 사용하는 실험은 실험에 사용되는 자원에 관한 문제, 전형적인 실험은 이러한 분류자들의 반대측(개방에 대한 폐쇄, 현대기술을 사용하지 않는, 교사에 의해 수행되는)에 서있는 것으로서 기술되어 있다는 것을 알 수 있다. 이에 더해 이 분류에서 전형적인 실험이라고 할 때 교사들의 머리에 떠오를 수 있는 이미지는 지역과 시간에 따라 무척이나 다를 것이며, 현대기술을 사용하는 실험에서 현대기술에 대한 의미 또한 제각각일 것이기 때문에 실험수업의 유형에 대한 이러한 정의는 문제가 있는 것으로 보인다.

Domin(1999)은 화학교육의 역사를 통해 네 개의 뚜렷한 실험수업 유형-설명, 탐구, 발견, 문제해결-이 행해져 왔으며 몇 개의 분류자를 활용하여 이 실험수업들을 분류할 수 있다고 주장하였다. Domin이 제안하는 실험수업 분류를 위한 분류자는 결과, 접근방식, 절차의 세 가지이다. 이를 각각 살펴보면, 어떤 실험 결과들은 ‘예정된 것’이거나 ‘예정되지 않은 것’으로 분류된다는 것이고, 접근절차는 연역적인 접근과 귀납적인 접근으로 분류할 수 있으며, 실험의 절차는 외부에서 공급되거나 학생들이 생성하는 것으로 분류할 수 있다는 것이다. 그러나 Domin이 실험의 결과를 ‘예정된 것’과 ‘예정되지 않은 것’으로 분류하는 것은

적절하지 않은 것으로 보인다. Domin이 결과가 예정되지 않은 것으로 간주한 탐구실험(inquiry)의 경우에 학생은 결과를 모를 수도 있지만 그 결과가 교사에게도 예정되지 않은 것으로 보기는 어렵기 때문이다. 또한 Domin은 설명실험(expository)의 경우 그 결과가 교사와 학생 모두에게 예정된 것이라고 했는데, 확증을 위한 설명실험이라고 할지라도 학생들에게 그 결과가 모두 예정된 것이라고 보는 것에는 무리가 따른다. 따라서 Domin이 실험수업 분류를 위한 분류자로 선정한 것 중에서 학습결과에 관한 부분은 많은 문제가 있는 것으로 보인다.

Wellington(2000)은 실습활동의 다른 여러 가지 목적에 적합한 일반적인 학교 상황에서 있을 법한 다양한 유형의 실습활동들을 시범실험(demonstrations), 일제실험(whole-class practical work), 순환실험(circus of experiments), 모의실험(simulation as part of practical science), 연구실험(investigations), 문제해결활동(problem-solving activities)의 여섯 가지로 분류하고 있다. 그리고 각각의 실험수업들을 왜 사용해야만 하는지와 어떻게 사용해야 하는지에 대해서도 기술하고 있다.

교육인적자원부(2001)에서 발간한 과학과 총론을 보면 실험학습을 실험 주체에 따라 개별 실험, 모둠별 실험, 시범 실험으로 분류하고, 각 실험학습별로 그 특징과 유용성을 기술하고 있다. 이 유형 분류에서 사용하고 있는 분류자는 ‘실험의 주체’라고 되어 있으나 여기에서 기술하고 있는 각 실험의 특징들을 살펴보면 실험의 주체라는 용어가 과연 타당한가 하는 의심이 든다. 예를 들면 모둠별 실험에서 실험의 주체가 모둠이라면 실험학습의 전 과정에서 모둠이 주체가 되어 실험을 진행해나 가야 할 것이다. 그러나 학교 현장에서 일반적으로 실시되고 있는 실험수업을 살펴보면 모둠별 실험이라고 하더라도 문제 제기와 절차 및 결론 단계에서 모둠이 주체가 되기보다는 교사가 주체가 되어 실험이 이루어지는 경우가 허다하다. 따라서 이 분류에 사용된 분류자는 실험의 주체라기보다는 ‘실험에 참여하는 형태’-개인인지 모둠인지-와 ‘실험의 주체’-학생인지 교사인지-가 혼합되어 사용된 것이라고 보는 것이 타당할 것이며, 이러한 분류로는 실험수업의 특성을 분명하게 드러내기는 어려울 것이다.

이상에서 살펴본 실험의 유형 분류에서 사용하고 있는 분류틀의 분류자들을 정리하면 Table 4와 같다.

선행 연구에서 사용된 실험수업의 유형 분류자들에 대해 살펴본 바를 정리해보면 다음의 다섯 가지로 요약할 수 있다. 첫째, 개방성의 정도, 실험수업의 목적, 학습결과, 실험수업의 주체라는 네 개의 분류자가 빈

Table 4
The list of descriptors on classification schemes

Authors	Year and Type of Publication*	Descriptors
Pella	1961. J	the subject of activities
Schwab	1962. B	the extent of openness associated with science experiences degrees of freedom
Herron	1971. J	providing "some information regarding the relative roles of the teacher or laboratory manual and the student
Tamir	1976. T	extent of openness
Simpson & Anderson	1981. B	Major objectives of laboratory activities
Stannard	1982. J	the structuring of laboratory activity
Ivins	1983. J	degrees of freedom Major objectives of laboratory activities
Collette & Chiappetta	1984. B	the desired outcomes
Woolnough & Allsop	1985. B	different research strategies and techniques
Hegarty	1986. J	levels of openness of inquiry in laboratory
Kirschener & Meester	1988. J	objectives of practical work
Woolnough	1994. B	objectives of practical work
Brown	1995. B	objectives of practical work & feature of tasks
Gott & Duggan	1995. B	principal learning outcome
German	1996. J	levels of openness of inquiry in laboratory
Millar et al.	1998. T	profiling of labwork tasks
Welzel et al.	1998. T	no use, use of the delphy method
Domin	1999. J	outcome, approach, procedure
Wellington	2000. B	teacher-led to pupil led, open to closed, undirected and unstructured to directed and structured.
교육인적자원부	2001. T	the subject of experiments
Dana	2001. D	responsibility for the categories of the problem, the ways and means and the answer
Millar et al.	2002. B	intended learning outcomes & design feature of task
McComas	2005. W	the subject of activities at all stages (who decides?)

*B=book; D=dissertation; J=journal; T=technical report; W=website.

변하게 사용되고 있다. 둘째, 실험수업 각 단계에서 개방성의 정도와 실험수업의 주체라는 분류자는 실험수업의 수준과 관련되어 있다. 셋째, 실험수업의 분류자는 크게 실험수업의 수준과 실험수업의 특성에 관련된 두 부분으로 구분되어 사용되고 있다. 넷째, 실험수업 유형을 분류하는 분류자가 명시적으로 드러나지 않거나 사용되지 않는 경우도 있다. 다섯째, 최근의 연구들에서는 2개 또는 그 이상의 분류기준을 결합하여 사용하고 있다.

실험수업의 유형 분류자에 대한 이론적 탐색을 통해 분류자 생성을 위한 아이디어를 생성하였다. 첫째, 최근 연구들에서 보이는 경향처럼 실험수업의 분류자를 두 가지 이상으로 설정하는 것이 타당할 것이다.

둘째, 여러 개의 분류자가 사용될 경우에 이 분류자들은 서로 독립적이어야 한다. 셋째, 지나치게 세세한 분류자를 모두 사용하게 될 경우에는 유형 분류가 너무 복잡하게 되어 의미를 전달하지 못할 수도 있게 되므로 실험수업의 제반 특성들을 포함할 수 있는 포괄적인 분류자를 설정해야 한다.

이와 같은 아이디어를 바탕으로 실험수업의 분류자를 크게 수준범주와 특성범주로 나누고, 수준범주에서는 ‘절차’(procedure)를 분류자로 설정하고, 특성범주에서는 ‘접근방식’(approach)을 분류자로 설정하였다. 실험수업에 관련된 두 개의 범주와 그와 관련된 분류자를 축으로 하는 실험수업의 차원을 도식화하면 Fig. 2와 같다.

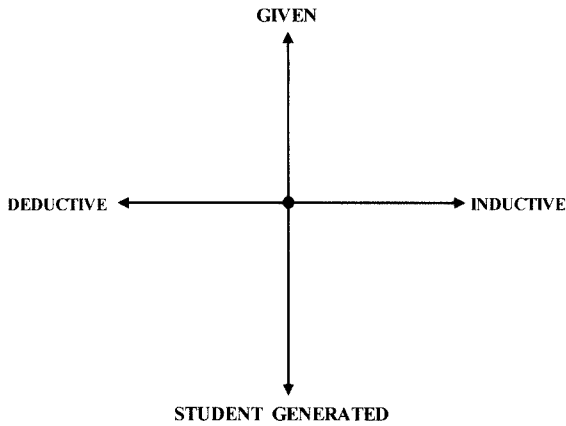


Fig. 2 Dimensions of laboratory instruction.

실험수업의 수준범주에 관련된 분류자인 절차는 실험수업에 관련된 절차가 외부에서 주어지는 지(given) 또는 학생들에 의해 생성되는지(student generated)에 따라 수준을 분류하는 것이다. 실험수업의 절차는 대개 교사, 교과서, 유인물에 의해 학생들에 의해 주어지게 되며, 개방도가 높은 실험수업들에서는 학생들이 스스로 절차를 생성하게 된다. 예를 들면 학교 실험수업의 대부분을 차지하는 요리책식 확인 실험에서 실험절차들은 외부(교사, 교과서, 유인물)로부터 학생들에게 주어지며 학생들은 단지 주어진 절차에 따라 실험을 하고 결과를 확인하게 된다. 그러나 Wellington (2000) 등이 말하고 있는 연구실험에서는 대부분의 절차가 학생들에 의해 생성되고, 학생들은 주도적으로 실험수업을 진행하게 된다.

실험수업의 특성범주에 관련된 분류자인 접근방식은 실험수업의 전개가 연역적인지 또는 귀납적인지에 따라 특성을 분류하는 것이다. 독특한 현상을 이해하기 위해서 일반적인 원리를 적용하는 전개방식은 연역적인(deductive) 접근이며, 특수한 사례들을 관찰하는 활동을 통해 일반적인 원리를 이끌어내는 것은 귀납적인(inductive) 접근방식이다. 예를 들면, 대부분의 확증 실험수업들에서는 과학 개념이나 원리를 도입하고 실험활동을 통해 이를 확인하는 연역적인 활동으로 진행되며, 발견 유형의 실험수업들에서는 실험활동을 수행하고 그 결과들에서 규칙이나 원리를 이끌어내는 귀납적인 활동으로 수업이 전개된다.

3. 실험수업의 분류를 생성

실험수업의 분류를 위해 두 개의 분류자-절차와 접근-을 선정하였으며, 이 분류자를 활용해 분류들을 생성하고 실험수업을 네 개의 유형으로 분류하였다(Table

5). 분류된 네 개의 실험수업 유형은 분류자의 특성에 따라 각각 확인실험(Verification), 발견실험(Discovery), 탐색실험(Exploratory), 연구실험(Investigation)으로 명명하였다.

Table 5
Classification scheme of laboratory instruction

Style	Descriptor	
	Procedure	Approach
Type I Verification	Given	Deductive
Type II Discovery	Given	Inductive
Type III Exploratory	Student generated	Inductive
Type IV Investigation	Student generated	Deductive

분류된 네 개의 실험수업 유형들은 과학교육의 역사를 통해 널리 사용되었던 유형들이며, 문헌들에 대한 분석을 통해 각 유형의 실험들이 분류자들이 가리키는 특성들을 가지고 있음을 확인할 수 있었다. 이를 보다 명확하게 하기 위해 각 유형의 실험수업들의 특성을 살펴보면 다음과 같다.

1) 확인실험(Verification)

확인실험은 추상적인 과학적 사실이나 개념을 구체적인 경험을 통해 확인하고 학습할 수 있도록 실험수업을 수행하는 것이다. 이 실험수업의 주요목적은 과학적 개념을 학습하는 것이며, 따라서 과정(process)보다는 내용(content) 중심의 수업이 이루어진다. 교사는 먼저 학생들이 학습해야 할 과학적 사실이나 개념을 가르치고 나서 이것이 정말 그러한 지 확인할 수 있는 실험활동을 제시한다. 학생들이 과학적 개념과 사실들을 확인하는 데 가장 적합하다고 판단되는 절차가 학생들에게 교사의 지시나 교재를 통해 주어지며, 학생들은 요리책(cookbook)식으로 상세하게 나열된 절차를 따라 실험을 수행한다. 이러한 실험활동을 통해 얻어진 결과는 대개 예상한 결과와의 비교를 위해서만 사용되며, 결과의 해석은 주로 교사의 설명에 의해 이루어진다. 즉, 이 유형의 실험수업에서는 거의 모든 절차가 교사에 의해 주도되며, 학생은 실험 수행만을 담당할 뿐이다.

문헌을 통해 드러난 확인실험의 장점과 단점을 살펴보면,

- 확인실험의 장점
 - 다른 유형의 실험수업에 비해 시간과 비용이 가장 적게 소비된다.

- 과학적 개념이나 사실을 가르치는 데 있어서 교수방법이 보다 명확하다.
- 예정된 실험결과를 얻을 수 있는 가장 적합한 절차와 많은 양의 안내가 제공됨으로 인해서 학생들의 확신이 향상된다.
- 확인실험의 단점
 - 과학적 사고에 대해 거의 강조하지 않는다. 즉, 학생들은 가설을 설정하고 실험을 계획하는 등의 과학적 사고에 시간을 거의 사용하지 않으며, 상술된 절차를 따라 올바른 결과를 얻는데 더 많은 시간을 사용한다.
 - 낮은 수준의 인지적 사고만을 요구한다. 기계적 학습과 연산문제해결과 같은 비교적 낮은 순위의 인지적 기술(블룸의 인지 6단계)의 발달을 촉진하도록 설계되어져 있다.

2) 발견실험(Discovery)

발견실험은 과학적 사실이나 개념에 관한 이론 학습 이전에 안내된 절차를 따라 실험을 수행하고 결과에 대한 토론을 통해 과학적인 사실이나 개념을 학생 스스로 발견할 수 있도록 실험수업을 수행하는 것이다. 이 실험수업의 주요목적은 학생 스스로 과학적 개념을 발견하도록 하는 것이다. 교사는 과학적 사실이나 개념에 대한 이론적 도입 없이 학생들에게 실험의 제재와 이 실험을 수행할 수 있는 절차를 여러 가지 방식(교사의 설명, 유인물, 교재 등)으로 제공한다. 학생들은 절차에 따라 실험을 수행하며, 실험 수행 후 결과에 대한 토론을 통해 구체적인 사실들에서 과학적인 개념들을 이끌어내게 된다. 이 과정에서 교사는 실험 수행과 결과에 대한 토론 도중에 적절한 질문과 안내를 통해 학생들을 이끌어 나간다. 따라서 이 유형의 실험수업에서 교사는 안내자, 학생들은 발견자의 역할을 하게 된다.

문헌을 통해 드러난 발견실험의 장점과 단점을 살펴보면,

- 발견실험의 장점
 - 직접적인 경험에 의해 학습이 이루어지고, 과학적 개념을 스스로 발견한다는 점 때문에 학생들의 동기 유발이 쉽게 이루어진다.
 - 학생들을 과학에 입문시키는 것과 과학의 방법들을 실례를 들어 설명하는 것에서 우수한 효과가 있다.
 - 학생들 스스로의 발견은 내적보상을 제공하여 학습동기 유발로 이어진다.
- 발견실험의 단점

- 확인실험보다 더 많은 시간이 소비된다.
- 발견실험에서 사용되는 전략들은 훈련을 통해 전이되지 않는다.

3) 탐색실험(Exploratory)

탐색실험은 구조화된 절차 없이 새로운 개념이나 물질들을 탐색하여 새로운 물질과 현상을 인식하고 흥미를 갖도록 실험수업을 수행하는 것이다. 이 실험수업의 주요 목적은 새로운 경험을 통해 학생들에게 흥미를 길러주고 새로운 경험을 제공하며 나중에 학습하게 될 현상에 대해 미리 탐색해보도록 하는 것이다. 교사가 학생들에게 탐색해야 할 제재를 제시하고, 학생들은 이 제재에 대해 자유롭게 탐색하며 스스로의 생각을 검증하게 된다. 이런 활동을 하는 동안 학생들은 과학적 관계들을 인식하게 되며, 교사는 학생들이 보다 깊이 있는 관찰과 면밀한 조사로 나아갈 수 있도록 격려한다. 이 유형의 실험수업은 절차 면에서 덜 구조화되어 있으며, 학생들은 올바른 결과에 도달하도록 유도되기 보다는 스스로 결정할 수 있는 분위기 속에서 활동하게 된다.

문헌을 통해 드러난 탐색실험의 장점과 단점을 살펴보면,

- 탐색실험의 장점
 - 대상에 대한 다양한 탐색을 통해 흥미가 쉽게 유발된다.
 - 학생들의 흥미 유발이 쉬워 새로운 제재로의 입문단계에서 우수하다.
- 탐색실험의 단점
 - 대상에 대한 다양한 탐색에 필요한 자료의 준비가 어렵다.

4) 연구실험(Investigation)

연구실험은 과학자들이 연구를 수행하는 것과 같은 방법으로 가설을 검증하거나 문제를 해결하는 실험수업을 수행하는 것이다. 교사는 다양한 해결 경로를 가지는 제재 또는 해결에 이르는 방법이 정해져있지 않은 문제를 제시하고, 학생들은 이 문제를 해결하기 위한 다양한 활동들을 스스로 계획하고 실험을 수행한다. 이 실험수업의 주요 목적은 과학자들이 문제를 해결하는 것과 같은 과학적 탐구방법을 학습하고 그 과정 속에서 과학적 사고 능력을 개발하는 것이다. 교사 또는 학생이 해결 방법이 정해져있지 않은 문제를 제시하고, 학생들은 끊임없이 사고하며 다양한 활동들을 계획하고 실험을 수행하며 결과에 대해 토의한다. 문제가 주어지면 학생들은 문제와 관련된 질문을 생성

하고 가설을 수립하며, 가설을 검증하기 위한 실험을 설계하고 이를 수행한다. 실험 수행 후 도출된 결과에 대한 토의를 통해 가설을 검증하고 결론을 이끌어내며, 그 과정 속에서 문제가 생기면 이 과정들을 계속해서 반복하여 수행한다. 이러한 실험수업에서 절차는 제공되지 않으며, 학생들은 모든 절차들을 스스로 생성해야 하기 때문에 보다 적극적인 역할을 수행해야 하고, 보다 높은 수준의 인지적 기능들을 사용하게 된다. 학생들은 문제를 해결하기 위해서 실험을 수행하기 전에 문제와 관련된 개념이나 원리를 알고 있어야만 하기 때문에 이러한 실험수업들은 연역적이다.

문헌을 통해 고증된 연구실험의 장점과 단점을 살펴보면,

- 연구실험의 장점
 - 보다 높은 수준의 인지적 기능들의 개발을 촉진한다.
 - 문제를 해결하기 위한 절차를 스스로 생성하고 가설을 검증하기 위한 활동을 수행하며 과학적 사고에 많은 시간을 할애하며, 그에 따라 과학적 사고 능력이 향상된다.
- 연구실험의 장점
 - 다른 유형의 실험수업보다 시간과 비용이 더 많이 소비된다.
 - 구체적 조작기의 학생들에게 적용하기는 어렵다.

5) 실험수업의 유형별 특성 비교

절차와 접근방식이라는 두 개의 분류자를 사용하여 실험수업의 유형을 분류하였지만 실험수업의 유형에 관련된 다양한 특성과 그에 따른 분류자가 존재하며, 이를 살펴보는 일은 의미 있는 일일 것이다. 따라서 분류틀을 사용하여 분류한 네 개의 실험수업 유형이

다른 분류자들(활동의 주체, 실험의 목적, 내용-과정, 개방도, 사고 수준, 사고의 양)과 관련해서 어떤 특성을 가지는 지를 Table 6에 나타내었다.

4. 타당도 평가

실험수업 분류틀(CSLI)의 타당성 검증을 위해 6명의 과학교육전문가에게 의뢰하여 타당도 평가를 실시하였으며 그 결과는 Table 7과 같다. 전체 8개의 영역에 대한 타당도 평가를 의뢰하였으며, 각 영역에 대한 타당도는 5단계 평정(5=매우 적절함, 4=적절함, 3=보통임, 2=부적절함, 1=전혀 적절하지 않음)방법을 사용하였다.

이를 영역별로 살펴보면, 실험과 실험수업의 정의에 관해서는 실험이 4.17/5(5점 만점에 평균 4.17점), 실험수업이 4.33/5로 적절하다는 평가를 받았다. 실험수업 분류 분류자를 사용한 실험수업 분류틀(CSLI)에 대해서는 3.67/5로 응답하여 보통 이상의 평가를 받았지만 보다 향상시킬 필요가 있었다. 네 개의 실험유형 각각에 대한 정의와 특성에 대한 타당도를 묻는 질문에는 확인실험은 4.67/5, 발견실험은 4.50/5, 탐색실험은 4.33/5, 연구실험은 4.33/5의 평가를 받아서 네 개의 유형 모두가 적절하다는 평가를 받았다. 네 개의 실험수업 유형을 다른 분류자를 사용하여 비교한 부분에 관해서는 3.83/5의 평가를 받았다. 이상의 여덟가지 영역에서 전체적인 평가결과는 5점 만점에 4.23으로 긍정적이었다.

5. 분석틀 생성

실험수업의 실제적인 분석을 위한 보다 명확한 준거를 마련하기 위해 본 연구자를 포함한 6명의 분석

Table 6
The features for the four types of laboratory instruction

Descriptors	Verification	Discovery	Exploratory	Investigation
Procedure	Given	Given	Student generated	Student generated
Approach	Deductive	Inductive	Inductive	Deductive
Main objectives	verification of concept	discovery of concept	experience/ cause of interest	development of scientific thinking skills
Content-Process	content	content	process	process
Structure	structured*	←—————→	—————→	**unstructured
Openness	closed***	←—————→	—————→	****open

* structured: guidance given at all stage
 ** unstructured: no guidance, no constraints
 *** closed: one right answer, one route
 **** open: many possible solutions, many routes.

Table 7
Evaluation of classification scheme on laboratory instruction by experts

Area	M	SD
Definition of experiments	4.17	.75
Definition of experimental lessons	4.33	1.21
Classification scheme on experimental lessons	3.67	.82
Definition and feature of verification	4.67	.52
Definition and feature of discovery	4.50	.55
Definition and feature of exploratory	4.33	.52
Definition and feature of investigation	4.33	.82
The features for the four types of experimental lessons	3.83	.41
Total	4.23	0.70

Note: scored on a scale of 1-5, with 5 being the highest content validity.

Descriptors			Check	
A. Procedure	Stage	Given	Student generated	Given
	Problem			
	Method			
	Conclusion			
B. Approach	Teachers present major ideas first, through lecture, discussion, and reading, followed by laboratory work to illustrate and test ideas using concrete activities			Deductive
	A laboratory activity is provided for students to experience instances of a concept before it is discussed and taught			Inductive
Results	Type:			

Fig. 3 Coding framework for the classification of laboratory instruction.

자가 개발한분류틀을 기초로 하여 사전 분석을 실시하였다. 이 과정에 참여한 5명의 분석자는 과학교육 석사과정(4명)과 박사과정(1명)을 전공하고 있으며 실험에 관한 프로젝트를 같이 진행하고 있다. 분석자들을 대상으로 실험수업 유형 분류틀(CSLI)에 대한 교육을 실시한 후에 10개의 실험수업을 분석하고 분석 결과에 대해 토의하였다. 이러한 과정을 통해 분류틀의 절차 영역을 보다 세부적으로 나누어야 할 필요성이 제기되었으며, 이에 따라 McComas(2005)의 분류틀을 근간으로 하여 절차 영역을 문제(problem), 방법(method), 결론(conclusion)의 세 부분으로 세분화하였다(Fig. 3). 또한 보다 정확한 분류를 위해서 실험수업 유형 분류 매뉴얼을 개발하였다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 과학교육에서 핵심적인 역할을 담당하는 실험수업 유형분류틀을 개발하는 것에 초점을 맞추었

다. 이를 위해 실험수업의 특성을 반영하는 분류자를 생성하고 이를 활용하여 실험수업 유형 분류틀(CSLI)을 개발하였으며, 각 유형들의 특성을 제시하였다.

실험수업의 유형 분류를 위한 분류자는 크게 수준 범주와 특성범주로 나누고 각 범주에 해당하는 분류자로 절차와 접근방식을 설정하였다. 절차 분류자는 실험수업에 따르는 절차가 외부(교사, 교과서, 유인물)에서 주어지는 경우(given)와 학생들에 의해 생성되는 경우(student generated)를 양 극단으로 하여 나타내었다. 그리고 접근방식 분류자는 실험수업의 전개방식에 관련된 것으로서 개념 제시의 순서에 따라 연역적 접근방식(deductive)과 귀납적 접근방식(inductive)으로 나타내었다.

생성된 두 개의 분류자를 사용하여 유형 분류를 위한 분류틀을 개발하였다. 실험수업은 이 분류틀에 의해 네 가지 유형으로 분류되었으며, 분류된 각 유형의 특성에 따라 확인실험, 발견실험, 탐색실험, 연구실험으로 명명하였다. 문헌탐색을 통해 각 유형들의 특성

과 장단점을 밝히고, 보다 정확한 유형 분류를 위해 실험수업 유형 분류 매뉴얼을 개발하였다.

이 연구에서 개발된 실험수업 유형 분류도구는 효과적인 실험수업을 위해 실험수업을 설계함에 있어 목적에 맞는 적절한 유형을 선택하고 수행하는 측면과 실험수업의 효과를 평가하기 위한 기초 자료로서 활용될 수 있을 것이다.

본 연구과정을 바탕으로 앞으로의 연구방향과 개선점을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 이 연구에서 개발된 분류도구는 현장검증의 부족으로 인해 현장에서 실시되고 있는 실험수업의 다양한 양상을 반영하지 못한 측면이 있으므로 실제로 진행되고 있는 다양한 실험수업에 대한 분석을 통해 이를 수정·보완해 나가야 할 것이다.

둘째, 실험수업의 유형에 대한 분류와 더불어 학교 현장에서 실시되고 있는 실험수업의 유형에 대한 연구조사가 필요하다. 실험수업의 문제점과 개선방안을 마련하기 위해서는 실제 이루어지고 있는 실험수업에 유형에 대한 자료가 반드시 필요하지만 현재는 이에 대한 자료가 전혀 없는 실정이기 때문이다.

셋째, 실험수업 유형분류틀 바탕으로 각 유형의 실험수업의 효과를 체계적으로 비교 분석하는 연구가 이루어져야 한다. 이 때 단순히 일반적인 학습결과와 성취만을 비교 분석하는 연구를 넘어서서 구체적인 학습결과들을 달성하는데 가장 효과적인 유형의 실험수업에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

넷째, 실험수업 유형에 대한 연구와 함께 실험수업의 다양한 특성에 대한 체계적인 연구(**profiling**)가 병행되어야 할 것이다. 효과적인 실험수업을 위해서는 실험수업의 유형 뿐 아니라 실험수업에 대한 보다 상세한 특성 정보들이 필요하며, 이를 위한 분석도구 개발 등의 연구가 이루어져야 할 것이다.

국문 요약

이 연구는 과학교육에서 중요한 위치를 차지하고 있는 실험수업의 유형을 분류할 수 있는 틀을 개발하는데 목적이 있다. 분류틀을 개발하기 위해 실험의 유형에 관한 선행연구들을 분석하고, 실험수업의 다양한 특성들을 분명하게 나타내는 실험수업 분류틀(CSLI)을 생성하였다. 실험수업 분류틀(CSLI)은 실험수업에 따르는 절차와 접근방식의 두 개의 분류자로 구성하였다. 실험수업에 따르는 절차는 절차 제시의 주체에 따라 절차가 외부에서 공급되는 경우와 학생들에 의해 설계되는 학생생성으로 구분하였으며, 실험수업의 접근 방식은 개념 제시의 순서에 따라 연역적 접근과

귀납적 접근으로 이분법적으로 구분하였다. 두 개의 분류자에 의해 실험수업을 네 가지 유형 - 확인실험, 발견실험, 탐색실험, 연구실험 -으로 분류하고, 각 유형의 실험수업들의 특성과 장단점을 기술하였다. 개발한 실험수업분류틀에 대해서 과학교육전문가 6인의 타당도 검증을 거쳐 분류틀을 완성하였다. 개발된 실험수업 유형 분류틀이 현장검증의 부족으로 인해 실험수업의 다양한 특성을 제한적으로 나타낼지라도 보다 나은 연구를 위한 모델로서 공헌할 수 있을 것이다.

참고 문헌

교육인적자원부 (2001). 과학과 교육과정. 서울: 대한교과서주식회사.

이상원 (2002). 실험의 두 역할 - 사실 획득과 이론 시험. 철학, 72, 273-294.

APU (1984). Science report for teachers: 2 The assessment framework age 13 & 15. Department of Education and Science: Welsh Office and Department of Education for Northern Ireland.

Brown, C. R. (1995). The effective teaching of biology. New York, USA: Longman Publishing Company.

Bybee, R. (2000). Teaching science as inquiry. In J. Minstrel, & E. H. Van Zee (Eds.), Inquiring into inquiry learning and teaching in science (pp. 20-46). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.

Chin, C. (2003). Success with investigations. The Science Teacher, 70(2), 34-40.

Collette, A. T., & Chiappetta, E. L. (1984). Science instruction in the middle and secondary schools. St. Louis : Times Mirror/Mosby College Pub.

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.

Domin, D. S. (1999). A review of laboratory instruction styles. Journal of Chemical Education, 76, 543-547.

Friedler, Y., & Tamir, P. (1986). Teaching basic concepts of scientific research to high school students. Journal of Biological Education, 20, 263-270.

German, P. J., Haskins, S., & Auls, S. (1996). Analysis of nine high school biology laboratory manuals: Promoting science inquiry. Journal of Research in Science Teaching, 33(5), 475-499.

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

Gunstone, R. F. (1991). Reconstructing theory from practical experience. In B. E. Woolnough (Ed.). Practical

science, (pp. 67-77). Milton Keynes: Open University Press.

Hacking, I. (1992). The self-vindication of laboratory science. In A. Pickering (Ed.), *Science and Culture*, (pp. 29-64). Chicago: The University of Chicago Press.

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.

Hegarty, E. H. (1978). Levels of scientific enquiry in university science laboratory classes: Implications for curriculum deliberations. *Research in Science Education*, 8(1), 45-57.

Hegarty, E. H. (Ed.) (1990). *The student laboratory and the science curriculum*. London: Routledge.

Herron, M. D. (1971). The nature of scientific enquiry. *School Review*, 79(2), 171-212.

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.

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.

Ivins, J. E. (1983). What are your labs really teaching? *The Science Teacher*, 49, 56-59.

Kapenda, H. M., Kandjeo-marenga, H. U., Kasanda, C. D., & Lubben, F. (2002). Characteristics of practical work in science classrooms in Namibia. *Research in Science & Technological Education*, 20(1), 53-65.

Kirschener, P. A., & Meester, M. A. M. (1988). The laboratory in higher education: Problems, premises and objectives. *Higher Education*, 17(1), 81-89.

Lave, J. (1988). *Cognition in practice: Mind, mathematics, and culture in everyday life*. Cambridge: Cambridge University Press.

Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.

Lazarowitz, R., & Tamir, R. (1994). Research on using laboratory instruction in science. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, (pp. 94-128). New York: Macmillan.

Leach, J., & Scott, P. (1995). The demands of learning science concepts-issues of theory and practice. *School Science Review*, 76(277), 47-51.

Lunetta, V. N. (1998). The school science laboratory:

historical perspectives and context for contemporary teaching. In K. Tobin., & B. Fraser (Ed.). *International Handbook of Science Education* (volume 1), (pp. 249-262). Dordrecht, Kluwer Academic.

McComas, W. F. (2005). Enhancing the education of scientifically gifted students with inquiry instruction. Available at [www.usc.edu/dept/education/science-edu/Inquiry_Science_Instr2.pdf]

Millar, R., Le Mar é chal, J. F., & Buty, C. (1998). A map of the variety of labwork. Working paper 1. European Project: Labwork in science education (Contract No. ERB-SOE2-CT-95-2001). The European Commission.

Millar, R., Tiberghien, A., & Le Mar é chal, J. F. (2002). Varieties of labwork: A way of profiling labwork tasks. In D. Psillos., & H. Niedderer (Ed.). *Teaching and learning in the science laboratory*, (pp. 9-20). Dordrecht: Kluwer Academic.

Morrow, C. A. (2003). Misconceptions scientists often have about the K-12 national science education standards. *The Astronomy Education Review*, 1(2), 85-94.

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

Pella, M. O. (1961). The laboratory and science teaching. *The Science Teaching*, 28(5), 29-31.

Polman, J. L. (1999). *Designing project-based science: Connecting learners through guided inquiry*. New York: Teachers College Press.

Qualter, A., Strang, J., Swatton, P., & Taylor, R. (1990). *Exploration. A way of learning science*. Oxford: Blackwell Education.

Schwab, J. J. (1962). The teaching of science as enquiry. In J. J. Schwab & P. F. Brandwein (Ed.). *The Teaching of Science*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Simpson, P. D., & Anderson, N. D. (1981). *Science, students and schools*. New York: Wiley.

Stannard, P. (1982). Evaluating laboratory performance. *The Queensland Science Teacher*, November.

Tamir, P. (1976). The role of the laboratory in science teaching. (Tech. Rep. 10). Iowa City, IA: The University of Iowa, Science Education Center.

Tobin, K. (1986). Secondary science laboratory activities. *European Journal of Science Education*, 8, 199-211.

Tobin, K. (1990). Research on science laboratory activities: in pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science & Mathematics*, 90(5), 403-418.

Wallace, C. S. (2004). An illumination of the roles of hands-on activities, discussion, text reading, and writing

in constructing biology knowledge in seventh grade. *School Science and Mathematics*, 104(2), 70-78.

Wellington, J. J. (2000). *Teaching and learning secondary science: Contemporary issues and practical approaches*. London and New York: Routledge.

Welzel, M., Haller, K., Bandiera, M., Hammelev, D., Koumaras, P., Niedderer, H., Paulsen, A. C., Becu-Robinault, K., & Aufschnaiter, S. (1998). Teachers' objectives for

labwork: Research tool and cross country results. Working paper 6. European project: Labwork in science education (Targeted Socio-Economic Research Programme Project PL 95-2005). The European Commission.

Woolnough, B. E. (1994). *Effective science teaching*. Buckingham: Open University Press.

Woolnough, B. E., & Allsop, T. (1985). *Practical work in science*. Cambridge: Cambridge University Press.