

고등학교 생물 교과서 실험의 특성 분석¹⁾

황진석(경상대학교 박사과정)

박철규(경상대학교 박사과정)

곽대오(경상대학교 교수)

《요약》

고등학교 생물 교과서 실험의 특성을 밝히기 위하여 현행 고등학교 생물 I 교과서와 생물 II 교과서 전체를 분석한 결과 실험의 빈도는 낮은 편이었고 교과서를 구성하고 있는 단원들에 따라 실험빈도에 큰 차이가 있었다. 실험유형은 실험목적과 학습산물에 따라 분류한 경우 탐구실험과 관찰 실험이 다른 세 가지 실험유형들에 비해 많았고, 실험내용의 특성에 따라서는 인과적 실험과 비교 실험이 기술적 실험에 비해 많았다. 실험조직에서는 거의 모든 실험이 높은 수준으로 구조화되어 있고 귀납적 접근방식을 취하고 있으며 관련 본문에 선행하거나 통합되어 있는 것이 다수였다. 한편 고등학교 생물 교과서에 실려 있는 실험들의 평균적인 탐구수준은 낮았으며, 학생들에게 수행, 결과해석 범주들에 속하는 과학 과정기능들을 경험할 기회는 적절한 수준으로 주어져 있었으나 문제 및 가설설정, 변인확인 및 실험통제, 문제 해결방법 설계, 결과분석, 적용 범주들에 속하는 과학 과정기능들을 경험할 기회는 매우 제한적이었다.

주제어 : 생물 교과서, 실험유형, 실험조직, 탐구수준, 과학 과정기능

I. 서론

학교 과학교육에서 실험활동은 다른 교과들과 구분되는 과학교과가 갖는 가장 독특하고 특징적인 활동으로서 실험활동을 통하여 많은 학습효과를 거둘 수 있다(Hofstein & Lunetta, 1982). 학교 과학교육에서 실험활동의 중요성은 많은 과학교육자들(Hofstein & Lunetta, 1982; Sundberg & Moncada, 1994; Tamir, Stavy & Ratner, 1998)에 의해 지속적으로 강조되어 왔으며, 요리책과 같이 교사의 일방적인 지시에 의해 이루어지는 폐쇄적인 접근으로부터 개방적

1) 이 연구는 2006년도 경상대학교 연구년제 연구교수 연구지원비에 의하여 수행되었다.

이고 탐구 기반적 접근으로의 실험 교수방법의 변화가 과학교육자들의 관심의 초점이 되고 있다(National Research Council, 1996).

학교 과학 실험수업에서 가장 널리 사용되는 수업자료인 과학 실험서 또는 과학 교과서 내 실험내용을 체계적인 분석틀을 사용하여 분석하는 일은 학생들이 실험을 통하여 얻을 수 있는 학습산물에 대한 구체적인 정보를 제공하여 준다는 점에서 의미 있는 일이다. 이러한 정보에 기초하여 교사는 자신이 의도하는 수업 목표에 비추어 특정 실험수업의 실시 여부를 결정하고 의도하는 수업목표에 가장 잘 부합할 수 있도록 수업전략을 조정할 수도 있을 것이다.

외국의 경우 Tamir & Lunetta(1978)의 BSCS 3차 황색판 실험분석에 관한 연구를 시작으로 주로 고등학교 과학실험의 특성에 관하여 과학 실험서 또는 과학 교과서에 실려있는 실험내용을 분석한 많은 연구들(Lunetta & Tamir, 1979; Tamir & Lunetta, 1981; Lunetta & Tamir, 1981; Fuhrman, Lunetta & Novick, 1982; Lump & Scharmann, 1991; Tamir & Pilar-Garcia, 1992; German, Haskins & Auls, 1996a, b; Soyibo, 1998)이 수행되었고, 대학에서 사용하는 일반생물학실험 교육과정 자료를 분석한 연구(Basey, Mendlow & Ramos, 2000)도 있다. 한편 실험수업에 실제로 사용된 실험 수업자료, 실험 수업 시 학생들이 작성하는 실험 보고서 등을 분석하거나 실험수업을 관찰·분석하는 방법으로 과학 실험수업 현장에서 실제로 이루어지는 실험활동의 특성을 고등학교와 대학 수준에서 밝힌 연구들(Tiberghien et al., 2001; Kapenda, Kandjeo-Marenga & Kasanda, 2002)도 이루어졌다. 이러한 연구들에서 고등학교나 대학 수준 모두 과학 실험활동의 대부분은 높은 수준으로 구조화되어 있을 뿐만 아니라 탐구수준이 낮고, 학생들은 관찰, 측정, 기구조작, 결과기록 등의 낮은 수준의 과학 과정기능들을 경험할 기회는 많지만 문제나 가설설정, 변인설정 및 실험통제, 실험설계, 실험방법 결정, 실험결과의 적용 등의 높은 수준의 과학 과정기능들을 경험할 기회는 극히 제한적인 사실이 밝혀졌다.

우리나라의 경우 고등학교 10학년 과학 교과서 생물영역(류면옥, 1999; 심규철 등, 2004; 심규철, 2006), 고등학교 생물 교과서(강동진·정충덕 1996; 양홍준 등, 1998; 박재근, 2004; 박남이·임낙룡·박경화, 2005)의 탐구활동에 관한 연구들이 있으며, 초·중·고등학교 교과서 내 특정주제나 단원의 탐구활동 연계성(황진숙·성민웅, 2000; 김해식·성민웅, 2001; 심규철·안중임·김현섭, 2004), 특정 탐구기능 요소(이봉우·박보화·김희경, 2007)를 분석한 것들도 있다. 이 연구들은 탐구활동의 빈도, 탐구활동 유형, 탐구활동 주제, 탐구상황, 탐구활동에 사용되는 재료, 기구 및 시약 등에 관해 분석한 것들이 다수이다. 그리고 중등학교 생물실험에 관한 연구들로서는 특정 주제와 관련한 실험 모델, 모듈 또는 실험교재 개발(안태인 등, 1987; 유준희·정구홍, 1993; 이현미 등, 2002; 윤덕근 등, 2004), 실험평가(홍정림·박승재·장남기, 1997; 박인근·최종석, 1998), 초·중·고등학교 실험의 연계성(정완호·김

영애, 1991; 구자옥·성민웅, 2001), 실험에 대한 교사들의 인식(김영신 등, 2002), 교과서 특정 단원의 실험내용(박성은·허명, 1996; 심현섭 등, 2002; 고계순·심규철·김현섭, 2007) 등에 관한 연구들이 수행되었으며, 김미경, 김희백(2006)에 의해 생물교사 인터뷰, 학생보고서를 활용하여 과학고등학교 생물실험을 참과학탐구의 추론특성을 중심으로 분석한 연구가 이루어졌다.

한편 양일호 등(2006b)은 전문가 커뮤니티를 통한 델파이 연구를 통해 초등, 중등, 대학 수준에서의 학교 과학교육에서의 실험활동 목적을 결정하였다. 또한 양일호 등(2006a)은 실험 수업 유형을 확인실험, 발견실험, 탐색실험, 연구실험의 네 가지로 분류하는 분류틀을 개발하였으며, 이 분류틀을 사용하여 양일호, 김석민, 조현준(2007)은 초·중등학교 실험수업 유형 분류에 관한 연구를 수행하였다.

우리나라 고등학교 생물 교과서의 경우 교과서 내 탐구활동과 생물실험에 관해 지금까지 연구들이 부분적으로 이루어지긴 하였으나 고등학교 생물교과서 내 실험에 관한 구체적이고 종합적인 연구는 수행되지 못하였다. 따라서 현행 제7차 교육과정에 따른 고등학교 생물 I, II 교과서에 수록된 실험의 전체적인 특성을 분석해 보는 것은 가치 있는 일이다. 이에 본 연구에서는 고등학교 생물 I 교과서 전체 8종과 생물 II 교과서 전체 8종에 수록되어 있는 실험의 유형, 탐구수준, 조직, 과학 과정기능 등을 체계적으로 분석하여 고등학교 생물 교과서에 실려 있는 실험의 특성을 구체적으로 밝혀 고등학교 현장 생물교사들에게 실험수업의 목적과 의도하는 학습산물을 분명히 하고 이를 달성하기 위한 실험수업 유형을 결정하는 데 도움을 줌과 아울러 탐구수준, 학생들이 수행하여야 할 과학 과정기능 등을 비롯한 실험수업 전략을 설계하는 데 필요한 유용한 정보를 제공하고자 하였다.

Ⅱ. 연구자료 및 방법

1. 연구자료

본 연구는 현행 제7차 교육과정에 따라 개발된 고등학교 생물 I 교과서 전체 8종 및 생물 II 교과서 전체 8종에 수록되어 있는 실험내용을 분석대상으로 하였다.

2. 연구방법

가. 실험유형 분류

실험유형의 분석은 두 가지 측면에서 분석하였다. 먼저 Gott, Welford & Foulds(1988), Gott & Duggan(1995)의 기준에 의해 실험의 목적과 학습산물에 따라 실험유형을 <표 1>에서 보는 바와 같이 다섯 가지로 분류하였다. 대부분의 실험유형 분류들은 실험의 목적, 개방도, 학습 결과 등의 한 가지 기준에 의한 것인데 비해 <표 1>에서 보는 바와 같이 Gott, Welford & Foulds(1988), Gott & Duggan(1995)의 분류들은 실험목적과 학습산물을 아우르는 실험유형 분류틀로서 본 연구의 목적에 잘 부합된다고 판단되어 본 연구에 사용하였다. 한편 실험내용의 특성에 따른 실험유형은 German, Haskins & Auls(1996b)의 방법에 따라 인과관계에 초점을 맞춘 인과적 실험, 사물이나 사상의 특징을 기술하는 기술적 실험과 두 가지 이상의 사물이나 사상의 특징을 비교하는 비교실험 등의 세 가지로 분류하였다.

<표 1> 실험목적과 학습산물에 따른 실험유형

| 실험유형 | 목적 | 학습의 산물 |
|------|--|---------------------------|
| 기능 | 특정한 기능 습득 | 기능 습득 |
| 관찰 | 과학적 관념들에 실제 사물과 사상을 관련시키는 데 학생들의 개념적 틀을 사용하는 기회 제공 | 개념적 이해 적용 |
| 탐구 | 과학적 개념, 법칙 또는 원리를 발견하거나 습득 | 개념적 이해 습득 |
| 예증 | 특정한 과학적 개념, 법칙 또는 원리를 증명하거나 확인 | 개념적 이해 강화 |
| 연구 | 문제해결을 위해 학생들이 과학적 개념들, 인지과정과 기능들을 사용하는 기회 제공 | 개념적 이해 적용, 과정적 이해 적용 및 종합 |

※ Gott, Welford & Foulds, 1988; Gott & Duggan, 1995

나. 탐구수준 분석

German, Haskins & Auls(1996b)가 제안한 문제 및 가설설정, 변인확인 및 실험통제, 문제해결 방법 설계, 수행, 문제해결, 적용의 여섯 가지 과학 과정기능 범주들 중 문제해결 범주를 결과분석과 결과해석으로 나누어 일곱 가지 범주들을 설정하여 학생들이 직접 수행하도록 되어 있는 범주의 개수를 탐구수준으로 하는 Basey, Mendelow & Ramos(2000)의 방법에 따라 개별 실험의 탐구수준을 분석하였다. 만약 어떤 실험에서 학생들이 직접 가설설정, 실험방법 결정, 실험수행, 실험결과 분석과 해석을 수행하는 반면에 변인들은 이미 실험내용에 설정되어 있고 실험결과의 적용이 학생들에게 요구되지 않는다면 이 실험의 탐구수준은 5가 되는 것이다.

다. 조직분석

실험조직은 Tamir & Lunetta(1981)가 개발한 실험구조 및 과제분석틀(The Laboratory Structure and Task Analysis Inventory: LAI)의 실험조직 영역의 범주들 중 본 연구의 분석대상인 고등학교 생물 교과서 실험내용에 적용하기 어렵다고 판단되는 협동양식, 그리고 시뮬레이션 두 가지 범주를 제외하고 높은 수준의 구조와 낮은 수준의 구조로 구성된 구조 범주, 귀납적 접근과 연역적 접근으로 구성된 접근방식 범주, 그리고 본문에 선행, 후속, 통합으로 구성된 관련 본문과의 관계 범주 등의 세 가지 범주들에서 분석하였다.

라. 과학 과정기능(science process skills) 분석

생물 교과서 실험에서 학생들에게 수행이 요구되는 과학 과정기능 분석은 Tamir & Lunetta(1981)의 LAI를 토대로 German, Haskins & Auls(1996b)가 개발한 분석틀과 이를 변형한 Basey, Mendelow & Ramos(2000)의 분석틀을 수정·보완한 형태의 분석틀을 사용하여 이루어졌다. <표 2>에서 보는 바와 같이 이 분석틀은 일곱 항목의 범주들로 구성되어 있으며 그 세부범주들은 모두 32개 항목이다. 각 교과서별로 전체 실험들을 대상으로 먼저 32개의 세부범주별로 학생들에게 수행이 요구되는 빈도를 조사하였다. 그 후 개별 교과서의 7개 범주별 과학 과정기능 수행정도는 각 범주별로 학생들에게 수행이 요구되는 세부범주들의 빈도의 합을 해당 범주에 속한 세부범주들의 수와 개별 교과서의 전체 실험 수로 나눈 값을 백분율로 나타내었다. 그리고 생물 I 또는 생물 II 전체 교과서 실험에서의 7개 범주별 과학 과정기능의 수행정도는 각 범주별로 학생들에게 수행이 요구되는 세부범주들의 빈도의 합을 해당 범주에 속한 세부범주들의 수와 해당 전체 교과서의 실험 수로 나눈 값을 백분율로 나타내었다. 또 32개 세부범주별 과학 과정기능 수행정도는 세부범주별로 학생들에게 수행이 요구되는 빈도의 합을 해당 전체 교과서의 실험 수로 나눈 값을 백분율로 나타내었다.

<표 2> 과학 과정기능 분석틀

| 범주 | 세부범주 |
|-------------|---|
| 문제 및 가설설정 | 문제설정, 가설설정 |
| 변인확인 및 실험통제 | 독립변인 통제, 종속변인 통제, 통제변인 통제, 실험 통제 |
| 문제해결 방법 설계 | 관찰 설계, 실험 설계, 표 설계, 결과 예상 |
| 수행 | 분류, 정성적 관찰/측정, 정량적 관찰/측정, 실험기구 조작, 결과 기록/기술, 실험기법 해석 |
| 결과 분석 | 실험결과를 표로 요약, 산술적 계산, 자료를 그래프로 그리기, 통계적 유의성 결정, 정성적 관계 결정, 정량적 관계 결정, 실험결과의 정확성 사정 |
| 결과 해석 | 결론 도출, 분석에 근거한 증거 제시, 추리, 일반화 |
| 적용 | 결과에 근거한 새로운 가설설정, 결과에 근거한 예상, 자연현상에 대해 실험결과 적용, 동일문제를 다른 예에 적용, 동일기법을 다른 문제에 적용 |

마. 타당도와 신뢰도

본 연구의 타당도와 신뢰도를 확립하기 위하여 다음과 같은 과정을 거쳤다. 우선 연구자들이 본 연구와 관련된 연구방법을 공동으로 충분히 논의하고 숙지한 다음 예비 분석틀을 사용하여 생물 I 교과서 한 종에 수록되어 있는 전체 실험내용을 분석하면서 분석틀을 수정·보완한 후 과학교육전공 교수 2인과 과학교육전공 박사학위를 소지한 고등학교 생물교사 1인에게 의뢰하여 분석틀의 타당도를 검증받은 후 본 연구에 사용할 분석틀을 확정하였다. 또한 생물 II 교과서 한 종에 수록되어 있는 다섯 개의 실험들을 대상으로 2명의 연구자들이 각자 독립적으로 분석한 다음 평정 항목들 중 일치하는 항목 수를 전체 평정 항목 수로 나누는 것으로 신뢰도를 예비적으로 산정하였는데 가장 높은 경우는 94.6%, 가장 낮은 경우는 86.4%였다. 이후 2명의 연구자들이 독립적으로 전체적인 분석을 완료한 후 분석자들 간에 일치하지 않은 부분은 연구자들의 토론을 통하여 최종적으로 결정하였는데, 두 분석자 간의 전체적인 일치도는 91.8%였다.

Ⅲ. 결과 및 논의

1. 실험빈도

생물 I, II 교과서의 실험빈도는 각각 <표 3>과 <표 4>에 나타난 바와 같다. 생물 I 교과서의 경우 교과서별 실험빈도는 6~18회로 평균 9.3회로 나타났으나, 단원에 따라 상당히 큰 차이가 있었다. 즉 영양소와 소화, 그리고 순환 단원의 실험빈도는 각각 평균 2.9, 2.5회로 상대적으로 많은 편이었으나 생명현상의 특성, 생식과 발생, 유전, 생명과학과 인간생활 단원 등의 경우는 평균 실험빈도가 1.0 미만으로 상대적으로 적었다. 특히 생식과 발생 단원에 있어서는 분석대상 8종 교과서 모두 실험이 전무하였다. 이러한 결과는 각 단원 내용의 성격과 관계가 있는 것으로 판단된다. 특히 실험이 전혀 없는 생식과 발생 단원의 경우 고등학교 수준에서 관련 실험재료나 실험기구와 관련된 어려움을 고려하여 실험이 아닌 다른 형태의 탐구활동들로 대체하여 단원을 구성한 것으로 보여지나 간단한 실험재료와 실험기구를 사용하여 고등학교 수준에서 수행 가능한 실험의 개발이 필요하다고 생각된다. 예를 들어 도축장에서 손쉽게 구할 수 있는 소나 돼지의 정소와 난소로부터 정자와 난자를 채취하여 현미경과 혈구계산기 등의 간단한 기구를 사용하여 배우자 세포의 형태 관찰이나 정자의 운동성과 관련된 실험을 할 수 있을 것이다.

〈표 3〉 생물 I 교과서의 실험빈도

| 교과서 단원 | A 빈도 (%) | B 빈도 (%) | C 빈도 (%) | D 빈도 (%) | E 빈도 (%) | F 빈도 (%) | G 빈도 (%) | H 빈도 (%) | 전체 빈도 (%) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| 생명현상의 특성 | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 1 (11.11) | 1 (8.33) | 1 (5.56) | 3 (3.75) |
| 영양소와 소화 | 2 (20.00) | 3 (50.00) | 2 (25.00) | 3 (33.33) | 3 (37.50) | 3 (33.33) | 4 (33.33) | 3 (16.67) | 23 (28.75) |
| 순환 | 2 (20.00) | 2 (33.33) | 2 (25.00) | 2 (22.22) | 2 (25.00) | 3 (33.33) | 3 (25.00) | 4 (22.22) | 20 (25.00) |
| 호흡과 배설 | 2 (20.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 3 (33.33) | 0 (0.00) | 1 (11.11) | 2 (16.67) | 2 (16.67) | 10 (12.50) |
| 자극과 반응 | 1 (10.00) | 1 (16.87) | 2 (25.00) | 1 (11.11) | 1 (12.50) | 1 (11.11) | 1 (8.33) | 5 (27.78) | 13 (16.25) |
| 생식과 발생 | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) |
| 유전 | 2 (20.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 1 (12.50) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 1 (5.56) | 4 (5.00) |
| 생명과과학 인간의 생활 | 1 (10.00) | 0 (0.00) | 2 (25.00) | 0 (0.00) | 1 (12.50) | 0 (0.00) | 1 (8.33) | 2 (11.11) | 7 (8.75) |
| 계 | 10 (100.00) | 6 (100.00) | 8 (100.00) | 9 (100.00) | 8 (100.00) | 9 (100.00) | 12 (100.00) | 18 (100.00) | 80 (100.00) |

생물Ⅱ 교과서의 교과서별 실험빈도는 9~18회, 평균 16.3회로 나타나 생물Ⅰ 교과서에 비해 상대적으로 높았다. 다섯 개의 단원들 가운데 관찰실험이 다수 실려 있는 생물의 다양성과 환경 단원이 평균 6.3회로 가장 높은 반면에 생물학과 인간의 미래에 관한 이론적 내용만을 기술하고 있는 생물학과 인간의 미래 단원에는 분석대상 8종 교과서 모두에 실험이 수록되어 있지 않았다. 이러한 차이는 생물Ⅰ 교과서와 마찬가지로 교과서를 구성하고 있는 단원 내용들의 특성에 기인하는 것으로 사료된다.

〈표 4〉 생물Ⅱ 교과서의 실험빈도

| 교과서 단원 | A 빈도 (%) | B 빈도 (%) | C 빈도 (%) | D 빈도 (%) | E 빈도 (%) | F 빈도 (%) | G 빈도 (%) | H 빈도 (%) | 계 빈도 (%) |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| 세포의 특성 | 4 (22.22) | 4 (28.57) | 6 (35.29) | 4 (44.45) | 4 (21.05) | 4 (22.22) | 3 (16.67) | 5 (27.78) | 34 (25.96) |
| 물질대사 | 3 (16.67) | 4 (28.57) | 2 (11.76) | 1 (11.11) | 4 (21.05) | 3 (16.67) | 4 (22.22) | 4 (22.22) | 25 (19.08) |
| 생명의 연속성 | 3 (16.67) | 2 (14.29) | 3 (17.65) | 1 (11.11) | 4 (21.05) | 3 (16.67) | 3 (16.67) | 3 (16.67) | 22 (16.79) |
| 생물의 다양성과 환경 | 8 (44.44) | 4 (28.57) | 6 (35.29) | 3 (33.33) | 7 (36.84) | 8 (44.44) | 8 (44.44) | 6 (33.33) | 50 (38.17) |
| 생물학과 인간의 미래 | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) |
| 계 | 18 (100.00) | 14 (100.00) | 17 (100.00) | 9 (100.00) | 19 (100.00) | 18 (100.00) | 18 (100.00) | 18 (100.00) | 131 (100.00) |

2. 실험유형

〈표 5〉는 실험목적과 학습산물에 따른 생물 교과서의 실험유형을 나타낸 것이다. 생물Ⅰ의 경우 총 80회의 실험 중 탐구실험이 51회(63.75%)로 가장 많았으며, 그 다음으로 예증실험 14회(17.50%), 관찰실험 12회(15.00%) 순이었고, 기능실험과 연구실험은 각각 2회(2.50%)와 1회(1.25%)에 그쳤다. 생물Ⅱ에서도 총 131회의 실험 중 역시 탐구실험이 66회(50.38%)로 가장 많은 비율을 차지하였고, 관찰실험과 예증실험이 각각 37회(28.24%)와 17회(12.98%)로 뒤를 이은 반면에 연구실험과 기능실험은 각각 6회(4.58%)와 5회(3.82%)로 생물Ⅰ과 같이 비율이 낮았다.

이와 같은 결과는 관련 선행연구를 찾기 어려워 직접적으로 다른 연구결과들과 비교하기는 어려우나 우리나라 초·중등학교 과학수업을 촬영한 후 그 내용을 전사한 것을 분석한 결과 중등학교의 경우 총 30차시 수업 중 본 연구의 예증실험과 유사한 확인실험 수업이 16차시(53.3%)로 가장 많이 차지하였다. 본 연구의 탐구실험과 유사한 발견실험 수업이 10차시(33.3%)로 두 번째인 반면에 연구실험 수업은 4차시(13.3%)로 비교적 적게 운영되고 있었다고 보고한 양일호, 김석민, 조현준(2007)의 연구와 비교할 때 연구실험의 비율이 낮다는 점에서는 일치하나 탐구실험(발견실험 수업)과 예증실험(확인실험 수업) 비중의 순서가 두 연구에서 상반된다. 양일호, 김석민, 조현준(2007)의 연구가 교과서에 실려 있는 실험내용이 아닌

실제로 현장에서 진행되는 실험수업을 분석대상으로 하였고, 고등학교 생물 실험수업이 아닌 중·고등학교 과학 실험수업을 분석 대상으로 한 것이 이러한 차이가 나타난 하나의 이유일 수 있다. 그리고 학생들이 이미 학습한 과학적 사실, 법칙, 원리들을 실험수업을 통하여 확인하거나 증명하는 형태로 과학 실험수업이 진행되기 때문에 확인 실험수업의 비율이 높게 나타난 것으로 추정된다.

〈표 5〉 생물 교과서의 실험목적과 학습산물에 따른 실험유형

| 교과서 실험유형 | 생물 I 빈도(%) | 생물 II 빈도(%) | 계 빈도(%) |
|-------------|---------------|----------------|------------|
| 기능 | 2(2.50) | 5(3.82) | 7(3.32) |
| 관찰 | 12(15.00) | 37(28.24) | 49(23.22) |
| 탐구 | 51(63.75) | 66(50.38) | 117(55.45) |
| 예증 | 14(17.50) | 17(12.98) | 31(14.69) |
| 연구 | 1(1.25) | 6(4.58) | 7(3.32) |
| 계 | 80(100.0) | 131(100.0) | 211(100.0) |

한편 본 연구의 경우 생물 I, II 교과서 모두에서 탐구실험의 비율이 높은 것은 학생들로 하여금 새로운 사실, 법칙, 원리 등을 발견하거나 습득하도록 하는 실험이 많이 포함되어 있다는 것을 말해 준다. 생물 I에서는 영양소와 소화, 호흡과 배설, 자극과 반응 단위, 생물 II에서는 세포의 특성, 물질대사, 생명의 연속성 단위들의 탐구실험 비율이 상대적으로 높았다. 기능실험의 경우 생물 I에서는 2종의 교과서에 혈압계 사용방법을 습득하는 실험이 있는 반면에 생물 II에서는 5종의 교과서에 똑같이 마이크로미터 사용법에 관한 실험이 있었다. 그리고 1종의 생물 I 교과서에 주변의 하천이나 냇강의 오염조사에 관한 연구실험이, 8종의 생물 II에는 생물의 다양성과 환경 단위에는 ‘우점종을 찾아서’, ‘식물 군집조사’, ‘식물군집과 우점종’ 등의 주제로 분류의 기본적인 개념과 군집조사의 기초 개념 및 기능들을 바탕으로 주변의 환경을 조사하여 주어진 과제를 학생들이 직접 해결하는 형태의 연구실험이 수록되어 있었다. 생물 II의 관찰실험 비율이 생물 I의 그것에 비해 두 배 가까이 높은 것은 생물 II 교과서의 생물의 다양성과 환경 단위에서 생물의 분류와 관련된 관찰실험이 많았기 때문이다.

실험내용의 특성에 따라 생물 교과서의 실험유형을 분석한 결과는 〈표 6〉과 같은데, 생물 I과 생물 II 교과서에서 인과적 실험이 각각 56.25%, 41.22%로 가장 비율이 높았다. 이러한 결과는 변인을 조작함으로써 얻어지는 결과를 통해 관련 원리들을 발견하는 형식으로 이루어지는 탐구실험과, 같은 방법으로 이미 학습한 사실, 법칙, 원리 등을 확인하거나

증명하는 형식으로 이루어지는 예증실험이 많기 때문에 풀이된다. 생물 I 은 영양소와 소화, 자극과 반응 단원들에서, 그리고 생물 II는 세포의 특성, 물질대사 단원들에서 각각 이러한 인과적 실험유형이 많았다. 인과적 실험 다음으로 비교실험이 많은 것은 생물 I에서 순환 단원의 경우 8종 교과서 모두 혈액 혈구세포들을 관찰한 후 형태적 특징을 비교하는 실험을 포함하고 있고, 생물 II에서는 생물의 다양성과 환경 단원에 생물의 분류와 관련된 형태 비교 실험이 8종 교과서 모두에 다수 포함되어 있는 것이 가장 중요한 이유로 생각된다.

〈표 6〉 생물 교과서의 실험내용 특성에 따른 실험유형

| 실험유형 \ 교과서 | 생물 I 빈도(%) | 생물 II 빈도(%) | 계 빈도(%) |
|------------|---------------|----------------|------------|
| 인과 | 45(56.25) | 54(41.22) | 99(46.92) |
| 기술 | 11(13.75) | 26(19.85) | 37(17.54) |
| 비교 | 24(30.00) | 51(38.93) | 75(35.54) |
| 계 | 80(100.0) | 131(100.0) | 211(100.0) |

3. 실험조직

〈표 7〉과 〈표 8〉은 각각 생물 I, II 교과서 실험의 조직을 분석한 결과이다. 생물 I 과 생물 II 교과서에 실려 있는 거의 모든 실험들은 실험 방법과 과정이 학생들에게 상세하게 지시되는 높은 수준으로 구조화되어 있었다. 반면에 학생들로 하여금 더 많은 탐구를 폭넓게 하도록 낮은 수준으로 구조화된 실험은 생물 II 2종의 교과서에 각각 1회씩 있었다. 이러한 결과는 외국에서 수행된 연구들(Lunetta & Tamir, 1981; Tamir & Lunetta, 1981; Fuhrman, Lunetta & Novick, 1982; German, Haskins & Auls, 1996a, b; Soyibo, 1998)이 분석대상 실험들의 전부 또는 거의 전부가 높은 수준으로 구조화되어 있다고 보고한 것과 일치한다. 실제로 학교 과학 실험수업에서 학생들로 하여금 실험 수행 중에 오류를 범하지 않고 실험에서 얻은 자료로부터 교사들 또는 교과서 저자들이 의도하는 결론도출이나 일반화를 학생들이 하도록 하기 위하여 실험 방법과 과정에 관해 상세하고 순서적인 지시가 흔히 이루어진다(Millar, 1989). 학교 과학 실험수업의 대부분이 학생들이 과학적 개념들을 발견하거나 이미 학습한 개념들을 확인 또는 입증하게 하는 것이기 때문에 이러한 수업전략이 적절하고(Gott & Mashiter, 1991; Yager, 1991), 실험수업 중 실험에 대한 상세한 안내가 학생들이 실험의 정확한 결과를 얻는 데 중요하다(Soyibo, 1998)는 점에서 실험이 높은 수준으로 구조화되어

있는 것이 적절하고 효율적인 측면이 있다고 볼 수 있다. 하지만 학생들이 실험수업을 통하여 문제확인 및 설정, 가설설정, 실험설계 같은 높은 수준의 과학 과정기능들을 습득하는 경험을 가져야 하고(Fuhrman, Lunetta & Novick, 1982), 실험과정의 많은 부분을 학생들이 결정하도록 하게 하는 개방적 실험활동이 학생들에게 과학적 탐구를 가르치는 가장 좋은 방법일 뿐만 아니라(Tamir & Lunetta, 1978; Sundberg & Moncada, 1994; German, Haskins & Auls, 1996b), 학생들의 과학에 대한 태도 향상에 효과적(Chang & Weng, 2002; Kampourakis & Tsapralis, 2003)이라는 점에서 볼 때는 실험의 높은 수준의 구조화가 바람직하지 않다. 이런 상반된 측면을 조화롭게 하기 위해서는 일선교사들이 실험의 목적, 의도하는 학습산물, 그리고 학생들의 수준을 고려하여 실험의 구조를 결정하고 실험수업을 수행하는 것이 바람직하다.

생물 교과서의 실험활동 접근방식은 거의 대부분 귀납적 접근방식을 취하고 있었는데 생물 I 과 II 의 각각 86.25%, 96.18%가 그러하였다. 외국의 연구들(Fuhrman Lunetta & Novick, 1982; Soyibo, 1998)에 의하면, 과학 실험서나 교과서에 따라 귀납적 접근방식이 우세하거나 연역적 접근방식이 우세한 경향이 있었다. 한편 우리나라 중등학교 실험수업은 귀납적 접근방식(33.3%)보다 연역적 접근방식(66.7%)을 두 배 정도 많다고 하는데(양일호 · 김민석 · 조현준, 2007), 이는 앞에서 지적한 바와 같이 교과서에 실려 있는 실험내용의 접근방식과 무관하게 이미 학습한 과학적 사실, 법칙, 원리 등을 학생들이 실험을 통하여 확인하거나 증명하는 형태의 실험수업이 많이 행해지기 때문이다. 학교 과학 실험수업이 귀납적이거나 연역적인 접근방식 중 어느 한 가지 접근방식에 의해 일률적으로 이루어지는 것은 바람직하지 않고 결국 개별 실험의 성격에 따라서, 즉 학생들이 실험을 통해 얻게 될 자료를 이용하여 결론도출이나 일반화를 할 필요가 있는 실험은 귀납적 접근방식을 취하고, 주어진 원리를 증명할 필요가 있는 실험은 연역적 접근방식을 취하는 것이 좋다.

한편 생물 I, II 교과서 실험내용 대부분이 교과서 본문에 선행하거나 통합된 형태로 나타났는데, 이는 실험이 과학과 교육과정상 탐구활동의 한 유형으로 되어 있기 때문에 교과서의 관련 본문보다 앞에 배치되거나 두 페이지에 걸쳐 실험내용이 수록될 경우 편집상의 이유 때문에 교과서 관련 본문과 함께 수록되었기 때문으로 판단된다. 실험목적에 따른 실험유형에서 관찰실험은 실제사물과 사상을 학생들이 가지고 있는 과학적 개념들에 관련시키는 기회를 학생들에게 제공하는 것이고, 탐구실험은 과학적 개념, 법칙, 원리들을 발견하거나 습득하는 데 그 목적이 있다. 반면에 예증실험은 학생들이 이미 학습한 과학적 개념, 법칙 원리들을 증명하거나 확인하는 데 그 목적이 있다는 점에 비추어 볼 때 탐구실험은 관련 본문에 선행하고 관찰실험과 예증실험은 후속하는 것이 바람직하다고 판단된다. 본 연구의 결과 생물 I 교과서에서 51회의 탐구실험 중 3회(5.88%)가

본문에 후속하는 것을 제외하고는 관련 본문에 선행(26회, 50.9%)하거나 통합(22회, 43.14%)되어 있고, 예증실험은 14회 중 10회(71.43%)는 후속하고 4회(28.57%)가 통합되어 있는 반면에, 관찰실험의 경우 12회 중 무려 8회(66.67%)가 관련 본문에 선행하고 나머지 4회(33.33%)가 통합되어 있었다. 또한 생물Ⅱ에서도 생물Ⅰ과 비슷한 경향으로 탐구실험의 경우 총 66회 중 단 1회(1.52%)가 교과서의 관련 본문에 후속하는 것을 제외하고는 선행(44회, 66.66%)하거나 통합(21회, 31.82%)되어 있고, 예증실험은 17회 중 9회(52.94%)가 후속하고 8회(47.06%)가 통합되어 있는 반면에 37회의 관찰실험 가운데 14회(37.84%)가 후속하고 9회(24.32%)가 통합되어 있었으나 무려 14회(37.84%)가 선행하였다. 따라서 고등학교 생물 교과서의 탐구실험과 예증실험의 교과서 내 관련 본문과의 관계는 무난하지만 관찰실험의 경우에는 부적절하다. 그러므로 차후 교과서 집필 시 실험의 목적을 고려한 관련 본문과의 관계 설정이 이루어져야 할 뿐만 아니라 일선 교사들은 수행할 실험의 목적에 따라 그 실험수업을 관련 개념들을 가르치기 전에 또는 가르친 후에 실시할지를 판단하는 것이 중요하다.

실험 전 활동(prelaboratory activity)은 학생들로 하여금 관련 배경 지식을 인지구조 내에 구조화하고 정착시킴으로써 선행조직자로서의 기능을 하는데, 실험과 관련된 내용 읽기, 실험과 관련된 선행 실험의 개관, 실험의 배경 개념들에 대한 질문과 소집단 토론 등의 형태로 이루어질 수 있다(German, Haskins & Auls, 1996a, b). 또한 실험 후 토론(post-laboratory discussion)은 실험을 통해 얻은 지식과 기능을 강화시켜주는데, 일부 교사들이 실험결과를 실험 후 토론에 활용하기도 하지만 대부분의 교사들은 시간적인 제약 때문에 실험 후 토론활동을 제대로 시행하지 못하고 실험활동에 제시된 질문들에 대해 학생들이 실험보고서에 답하는 것에 만족하는 실정이다(Tamir & Lunetta, 1978; Lunetta & Tamir, 1981).

외국의 경우 대부분의 과학 실험서나 과학 교과서 실험에 실험 전 활동이나 실험 후 토론이 포함되어 있지 않으며, 일부 과학 실험서나 과학 교과서 실험에 포함되어 있는 경우에도 경미한 수준이라고 보고되었다(Tamir & Lunetta, 1978; Lunetta & Tamir, 1981; Tamir & Lunetta, 1981; Fuhrman, Lunetta & Novick, 1982; German, Haskins & Auls, 1996a, b; Soyibo, 1998). 본 연구의 결과 우리나라 고등학교 생물 교과서 실험의 경우 실험 전 활동은 전무하고 실험 후 토론은 생물Ⅰ에서는 80회의 실험 가운데 9회(11.25%), 생물Ⅱ에서는 131회의 실험 가운데 13회(9.92%)가 포함되어 있어 외국의 경우와 마찬가지로 경미한 수준이었다.

〈표 7〉 생물 I 교과서의 실험조직

| 범주 \ 교과서 | | 생물 I | | | | | | | | |
|------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | A 빈도 (%) | B 빈도 (%) | C 빈도 (%) | D 빈도 (%) | E 빈도 (%) | F 빈도 (%) | G 빈도 (%) | H 빈도 (%) | 계 빈도 (%) |
| 구조 | 높은 수준의 구조화 | 10 (100.0) | 6 (100.0) | 8 (100.0) | 9 (100.0) | 8 (100.0) | 9 (100.0) | 12 (100.0) | 18 (100.0) | 80 (100.0) |
| | 낮은 수준의 구조화 | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) |
| | 계 | 10 (100.0) | 6 (100.0) | 8 (100.0) | 9 (100.0) | 8 (100.0) | 9 (100.0) | 12 (100.0) | 18 (100.0) | 80 (100.0) |
| 접근 방식 | 연역적 접근 | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 4 (44.44) | 0 (0.00) | 2 (22.22) | 0 (0.00) | 5 (27.78) | 11 (13.75) |
| | 귀납적 접근 | 10 (100.0) | 6 (100.0) | 8 (100.0) | 5 (55.56) | 8 (100.0) | 7 (77.78) | 12 (100.0) | 13 (72.22) | 69 (86.25) |
| | 계 | 10 (100.0) | 6 (100.0) | 8 (100.0) | 9 (100.0) | 8 (100.0) | 9 (100.0) | 12 (100.0) | 18 (100.0) | 80 (100.0) |
| 본문과의 관계 | 본문에 선행 | 6 (60.00) | 3 (50.00) | 5 (65.50) | 0 (0.00) | 4 (50.00) | 4 (44.45) | 0 (0.00) | 10 (55.56) | 32 (40.00) |
| | 본문에 후속 | 2 (20.00) | 1 (16.67) | 1 (12.50) | 2 (22.22) | 0 (0.00) | 2 (22.22) | 2 (16.67) | 4 (22.22) | 14 (17.50) |
| | 본문에 통합 | 2 (20.00) | 2 (33.33) | 2 (25.00) | 7 (77.78) | 4 (50.00) | 3 (33.33) | 10 (83.33) | 4 (22.22) | 34 (42.50) |
| | 계 | 10 (100.0) | 6 (100.0) | 8 (100.0) | 9 (100.0) | 8 (100.0) | 9 (100.0) | 12 (100.0) | 18 (100.0) | 80 (100.0) |

〈표 8〉 생물Ⅱ 교과서의 실험조직

| 범주 \ 교과서 | | 생물Ⅱ | | | | | | | | |
|-------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | A 빈도 (%) | B 빈도 (%) | C 빈도 (%) | D 빈도 (%) | E 빈도 (%) | F 빈도 (%) | G 빈도 (%) | H 빈도 (%) | 계 빈도 (%) |
| 구조 | 높은 수준의 구조화 | 18 (100.0) | 14 (100.0) | 16 (94.12) | 8 (88.89) | 19 (100.0) | 18 (100.0) | 18 (100.0) | 18 (100.0) | 129 (98.47) |
| | 낮은 수준의 구조화 | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 1 (5.88) | 1 (11.11) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 2 (1.53) |
| | 계 | 18 (100.0) | 14 (100.0) | 17 (100.0) | 9 (100.0) | 19 (100.0) | 18 (100.0) | 18 (100.0) | 18 (100.0) | 131 (100.0) |
| 접근 방식 | 연역적 접근 | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 2 (22.22) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 0 (0.00) | 3 (16.67) | 5 (3.82) |
| | 귀납적 접근 | 18 (100.0) | 14 (100.0) | 17 (100.0) | 7 (77.78) | 19 (100.0) | 18 (100.0) | 18 (100.0) | 15 (83.33) | 126 (96.18) |
| | 계 | 18 (100.0) | 14 (100.0) | 17 (100.0) | 9 (100.0) | 19 (100.0) | 18 (100.0) | 18 (100.0) | 18 (100.0) | 131 (100.0) |
| 본문과 의 관계 | 본문에 선행 | 4 (22.22) | 9 (64.29) | 7 (41.18) | 2 (22.22) | 13 (68.42) | 14 (77.78) | 6 (33.33) | 9 (50.00) | 64 (48.86) |
| | 본문에 후속 | 12 (66.67) | 0 (0.00) | 6 (35.29) | 4 (44.45) | 0 (0.00) | 2 (11.11) | 1 (5.56) | 3 (16.67) | 28 (21.37) |
| | 본문에 통합 | 2 (11.11) | 5 (35.71) | 4 (23.53) | 3 (33.33) | 6 (31.58) | 2 (11.11) | 11 (61.11) | 6 (33.33) | 39 (29.77) |
| | 계 | 18 (100.0) | 14 (100.0) | 17 (100.0) | 9 (100.0) | 19 (100.0) | 18 (100.0) | 18 (100.0) | 18 (100.0) | 131 (100.0) |

4. 탐구수준

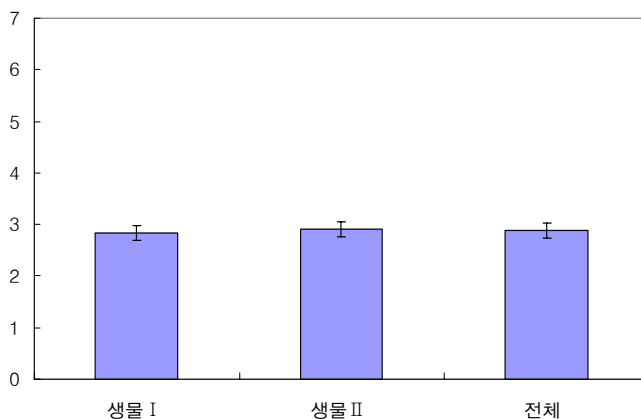
탐구수준 0에서부터 7까지의 8단계 척도로써 생물 교과서 실험의 탐구수준을 분석한 결과는 〈그림 1〉과 같다. 생물Ⅰ 전체 교과서의 총 80회 실험들과 생물Ⅱ 전체 교과서 총 131회 실험들의 평균 탐구수준은 각각 2.84, 2.91로 나타났으며, 생물Ⅰ, Ⅱ 전체 총 211회 실험들의 평균 탐구수준은 2.88이었다.

Herron(1971)은 0~3까지의 4단계 척도로써 BSCS 2차 청색판 실험의 탐구수준을 분석한 결과, 문제, 문제해결 방법, 답 세 가지 모두가 주어져 있는 탐구수준 0인 경우가 73%에 달한 반면에 탐구수준이 2 또는 3인 경우는 전무하다고 하였다. Tamir & Lunetta(1978)는 같은 방

법으로 BSCS 3차 황색판의 경우 모든 실험의 탐구수준이 1임을 밝힌 바 있다. 또한 Tamir & Pilar-Garcia(1992)에 의해 스페인 9~10학년 필수 과학 교과서의 12회 실험들 중 하나만 탐구수준이 2이고 나머지는 모두 0 또는 1로, 11학년과 12학년 선택과학 교과서의 실험들은 모두 탐구수준 1로 밝혀졌다. 한편 본 연구에서와 같은 방법으로 여섯 대학의 일반생물학 실험의 교육과정 자료들을 분석한 Basey, Mendelow & Ramos(2000)의 연구에서는 탐구수준이 평균 1.6에서 2.8 범위였으며 탐구수준이 4 이상인 실험은 전체 13% 미만이었다. 이러한 외국의 선행연구들에서 본 연구의 결과와 비슷하게 대부분의 분석대상 과학 실험들의 탐구지수가 비교적 낮게 나타났다. 이는 국내외를 막론하고 학교 과학 실험서 또는 교과서에 실려 있는 실험의 대부분이 문제나 가설, 실험방법들이 자세히 제시되어 있고, 결론도출과 같은 해답만을 학생들이 찾아내는 형태로 구조화되어 탐구수준이 낮다는 의미이다.

본 연구에서는 전체적으로 볼 때 탐구수준이 2 또는 3인 경우가 대부분을 차지하였는데 탐구수준이 2로 나타나는 경우는 일곱 가지 과학 과정기능 범주들 중 주로 수행과 결과해석 범주에 속한 세부범주들의 수행이 학생들에게 요구되는 것들이었고, 탐구수준이 3인 실험들은 수행과 결과해석 범주 외에 주로 결과분석 또는 적용 범주의 세부범주들이 학생들에 의해 수행되도록 되어 있었다.

한편 생물 I 에서 탐구수준이 5인 실험이 1종의 교과서에 ‘산성용액이 어린 식물의 생장에 미치는 영향’과 ‘심장을 위한 운동’이라는 주제로 2회 나타났는데, 두 가지 실험 모두에서 문제해결 방법 설계, 수행, 결과분석, 결과해석, 적용의 다섯 가지 과학 과정기능 범주에 속하는 세부범주들의 수행이 학생들에게 요구되었다. 그리고 생물 II에서는 탐구수준 6인 실험이 1종의 교과서에 1회, 탐구수준이 5인 실험이 5종의 교과서에 각각 1회씩 5회 나타났다. 탐구수준이 6인 실험의 주제는 ‘담배 모자이크 바이러스(TMV)의 감염 결과 관찰’로서 일곱 가지 과학 과정기능 범주들 중 결과분석을 제외한 여섯 가지 범주들의 수행이 학생들에게 요구되었다. 또한 탐구수준 5인 실험은 2종의 교과서에 ‘호흡률의 측정’이라는 주제로 똑같이 학생들에게 변인확인 및 실험통제, 수행, 결과분석, 결과해석, 적용의 다섯 가지 과학 과정기능 범주들에 속하는 세부범주들의 수행을 요구하였다. 반면에 다른 3종의 교과서에 실려 있는 탐구수준 5인 실험은 각각 ‘온도가 효소에 미치는 영향’, ‘짚신벌레의 개체군 성장 관찰’, ‘효소에 영향을 미치는 요인’으로서 문제해결 방법 설계, 수행, 결과해석 범주에 속하는 세부범주들의 과학 과정기능들을 공통적으로 학생들이 수행하도록 되어 있었다. 그리고 나머지 수행이 요구된 과학 과정기능들이 속한 범주는 ‘온도가 효소에 미치는 영향’ 실험에서는 문제 및 가설설정, 변인확인 및 실험통제, ‘짚신벌레의 개체군 성장 관찰’ 실험에서는 결과분석, 적용, 그리고 ‘효소에 영향을 미치는 요인’ 실험에서는 변인확인 및 실험통제, 적용들이었다.



(그림 1) 생물 교과서 실험의 탐구수준

5. 과학 과정기능

〈표 9〉와 〈표 10〉은 생물 I 과 생물 II 교과서 실험에서 학생들에게 수행이 요구되는 과학 과정기능들을 분석한 결과를 보여주고 있다. 먼저 문제 및 가설설정 범주는 문제설정, 가설설정 두 개의 세부범주로 되어 있는데, 문제설정은 생물 I 에서는 총 80회의 실험 중 전혀 없었고 생물 II에서는 총 131회의 실험 가운데 단 1회(0.76%) 있었는데 비해 가설설정은 생물 I 과 II에서 2회(2.50%)와 3회(2.29%)씩 있었다. 이는 생물 교과서의 실험들이 학생들에게 이 범주의 과학 과정기능들을 경험할 수 있는 기회를 거의 주지 못하고 있음을 의미하는데, 이것의 가장 큰 이유는 생물 교과서의 실험들이 거의 전부 특정문제를 제시하고 그 문제를 해결하는 절차들을 상세히 설명해 놓은 형식으로 꾸며져 있기 때문이다. 자연현상에서 문제를 인식하여 설정하고 그 문제에 적절한 가설을 설정하는 일은 과학자들이 수행하는 과학적 탐구활동의 출발점이라 할 수 있는데, 실험을 통하여 학생들이 이러한 경험을 거의 하지 못한다면 학생들이 과학적 사고를 통하여 과학적 탐구를 할 수 있는 기회를 충분히 갖는다고 할 수 없다.

학생들이 변인확인 및 실험통제를 경험할 수 있는 기회도 생물 I 과 II에서 전체적으로 각각 7회(2.19%), 14회(2.67%)로 문제설정 및 가설설정 범주와 마찬가지로 극히 적었다. 세부범주별로 보면 생물 I 교과서의 경우 종속변인 확인은 전혀 없었고 독립변인 확인, 통제변인 확인, 그리고 실험통제가 각각 4회(5.00%), 2회(2.50%), 1회(1.25%)씩 있었던 반면에 생물 II에서는 실험통제가 2회(1.53%) 있었고 나머지 세 가지 범주들은 모두 4회(3.05%)씩 있었다. 실험, 특히 인과적 실험을 수행할 경우 학생들은 독립변인, 종속변인, 통제변인 등을 확인하고

실험을 통제할 수 있어야 하기 때문에(German, Haskins & Auls, 1996b) 실험을 통해 학생들에게 이러한 경험을 더 많이 할 수 있는 기회가 제공될 필요가 있다.

한편 문제해결 방법 설계 범주는 생물 I 과 생물 II에서 전체적으로 2회(0.50%)와 5회(0.46%)로 나타나 일곱 가지 과학 과정기능 범주들 중 그 빈도가 가장 낮았다. 생물 I의 경우에는 그래프 설계가 1종 교과서에 2회(2.5%) 있는 것을 제외하고는 나머지 네 가지 세부 범주들에서는 전혀 없었고, 생물 II에서도 실험설계 3회(2.29%), 그래프 설계 2회(1.53%)가 있었을 뿐이었다. 이러한 결과는 현행 고등학교 생물 교과서의 실험들 거의 대부분에서 학생들이 수행할 실험방법과 과정들이 순서적으로 상세히 기술되어 있어 제시된 문제를 해결할 수 있는 방법을 학생들 스스로 찾아내어 조직화하는 기회가 전무하기 때문이다. 따라서 German, Haskins & Auls(1996b)가 소개한 BSCS 6차 청색판과 7차 녹색판의 예, 즉 간단한 도입 단계를 거쳐 학생들에게 ‘운동(휴식, 약한 운동, 강한 운동)이 심박수와 회복에 어떻게 영향을 미치는가?’에 관한 가설을 설정하도록 하고 나열된 재료와 기구들을 사용하여 가설을 검증할 실험설계를 하도록 하는 것과 같은 간단한 예들을 활용하여 학생들 스스로 문제해결 방법을 설계할 수 있는 기회를 제공할 수 있도록 하는 것도 좋은 방법이다.

생물 I, II 교과서의 실험에서 경험할 수 있는 수행 범주의 과학 과정기능의 전체적인 비율은 각각 46.46%와 56.74%로서 일곱 가지 범주들 가운데 가장 높았다. 세부범주별로 보면 생물 I의 경우 실험기구 조작(75회, 93.75%), 정성적 관찰·측정(62회, 77.50%), 정량적 관찰·측정(35회, 43.75%), 결과 기록·기술(26회, 32.50%), 실험기법 해석(20회, 25.00%), 분류(5회, 6.25%)의 순이었고, 생물 II에서는 실험기구 조작(122회, 93.13%), 정성적 관찰·측정(99회, 75.57%), 결과 기록·기술(90회, 68.70%), 정량적 관찰·측정(59회, 45.04%), 분류(40회, 30.53%), 실험기법 해석(36회, 27.48%)의 순으로 나타났다. 생물 II의 경우 생물 I에 비해 결과 기록·기술과 분류의 비율이 매우 높게 나타난 것은 생물의 다양성과 환경 단원에 이 두 가지 과학 과정기능들의 수행이 요구되는 생물의 분류에 관한 관찰실험이 많이 있기 때문으로 판단된다. 앞서 언급한 외국의 선행연구들에서와 마찬가지로 본 연구에서도 일곱 가지 범주들 중 수행 범주의 과학 과정기능의 비중이 가장 큰 이유는 수행 범주의 과학 과정기능들이 자세하게 지시되어 있는 실험방법과 과정에 많이 포함되어 있어 학생들이 지시된 실험 방법과 과정대로 실험을 행하면서 이들 과학 과정기능들을 사용하게 되어 있기 때문이다.

결과분석 범주의 전체적인 비율은 생물 I 과 II에서 각각 7.68%와 10.03%로 낮았다. 세부 범주들 중 통계적 유의성 결정은 생물 I 과 생물 II 모두에 전혀 없었고 생물 I에서는 실험결과를 표로 요약(13회, 16.25%), 정량적 관계결정(12회, 15.00%), 산술적 계산(7회, 8.75%), 정성적 관계결정(5회, 6.25%)의 순으로, 그리고 자료를 그래프로 그리기와 실험결과의 정확성 사정이 각각 3회(3.75%)씩으로 뒤를 이었다. 한편 생물 II는 산술적 계산(30회, 22.90%), 실험결과를 표로 요약하기(24회, 18.32%), 정량적 관계결정(18회, 13.74%), 실험결과의 정확성 사정

(10회, 7.63%), 자료를 그래프로 그리기(8회, 6.11%)의 순이었다. 생물Ⅱ에서 산술적 계산의 비율이 가장 높은 것은 물질대사 단원에 호흡률과 관련된 산술적 계산과 생물의 다양성과 환경 단원에서 식생조사와 관련하여 우점종 선정에 수반되는 여러 가지 산술적 계산이 다수 요구되기 때문이다.

생물Ⅰ, Ⅱ 교과서 실험에서 결과해석 범주의 전체적인 비율은 각각 36.88%와 32.63%로서 일곱 가지 범주들 가운데 수행 범주 다음으로 높았는데, 이는 세부범주의 하나인 결론도출의 빈도가 많았기 때문이다. 세부범주별 비중을 보면 생물Ⅰ의 경우 결론도출(75회, 93.75%), 일반화(23회, 27.75%), 추리(18회, 22.50%), 분석에 근거한 증거제시(2회, 2.50%)의 순이었고, 생물Ⅱ에서는 결론도출(127회, 96.95%), 추리(27회, 20.61%), 일반화(13회, 9.92%), 분석에 근거한 증거제시(5회, 3.82%)의 순으로 학생들에게 결론도출은 절대적으로 많이 요구되는 반면에 분석에 근거한 증거제시는 미미한 수준이었다. 이와 같이 결론도출의 비중이 절대적인 것은 생물 교과서 실험의 접근방식에 그 이유가 있다. 즉, 생물 교과서 실험의 거의 대부분이 실험을 통해 자료를 수집하고 그 자료를 이용하여 결론을 도출해 내는 귀납적 접근방식을 취하고 있기 때문이다.

마지막으로 적용 범주의 비율은 전체적으로 생물Ⅰ과 Ⅱ에서 각각 7.75%와 6.26%로 낮은 수준이었다. 세부범주들 중 결과에 근거한 새로운 가설설정은 생물Ⅰ과 Ⅱ에 없었다. 세부범주별 비율은 생물Ⅰ에서는 결과에 근거한 예상(16회, 20.00%), 자연현상에 대해 실험결과 적용(7회, 8.75%), 동일문제를 다른 예에 적용(6회, 7.50%), 동일기법을 다른 문제에 적용(2회, 2.50%)의 순으로 나타났고, 생물Ⅱ의 경우에는 결과에 근거한 예상(25회, 19.08%), 동일문제를 다른 예에 적용(13회, 9.92%), 동일기법을 다른 문제에 적용(2회, 1.53%), 자연현상에 대해 실험결과 적용(1회, 0.76%)의 순이었다. 실험활동에서 학생들이 실험결과를 이용하여 새로운 예상을 하거나 새로운 가설을 설정하는 경험을 갖지 못하면 학습을 좀 더 유의미하게 할 수 있는 기회를 놓친다. 또한 실험결과를 다른 예나 문제에 적용함으로써 또 다른 중요한 학습 기회가 만들어진다는(German, Haskins & Auls, 1996b)는 점에서 볼 때 생물 교과서 실험에 적용 범주의 과학 과정기능이 부족한 점은 새로운 교과서 개발 시 보완되어야 할 점이다.

〈표 9〉 생물 I 교과서 실험의 과학 과정기능

| 탐구 과정기능 | | 교과서(실험 수) | A (n=10) | B (n=6) | C (n=8) | D (n=9) | E (n=8) | F (n=9) | G (n=12) | H (n=18) | 계 (n=80) | % (n=80) |
|-----------------------|-------------------|-----------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 문제 및 가설 설정 | 문제 설정 | | | | | | | | | | 0 | 0.00 |
| | 가설 설정 | | | 1 | | | | | | 1 | 2 | 2.50 |
| | 계 | | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | |
| | % | | 0.00 | 8.33 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.78 | 1.25 | 1.25 |
| 변인확인 및 실험 통제 | 독립변인 확인 | | 1 | 1 | | | 1 | 1 | | | 4 | 5.00 |
| | 종속변인 확인 | | | | | | | | | | 0 | 0.00 |
| | 통제변인 확인 | | | | | | | 1 | | 1 | 2 | 2.50 |
| | 실험 통제 | | | | | 1 | | | | | 1 | 1.25 |
| | 계 | | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 7 | |
| | % | | 2.50 | 4.17 | 0.00 | 2.78 | 3.13 | 5.56 | 0.00 | 1.39 | 2.19 | 2.19 |
| 문제 해결 방법 설계 | 관찰 설계 | | | | | | | | | | 0 | 0.00 |
| | 실험 설계 | | | | | | | | | | 0 | 0.00 |
| | 표 설계 | | | | | | | | | | 0 | 0.00 |
| | 그래프 설계 | | | | | | | | 2 | | 2 | 2.5 |
| | 결과 예상 | | | | | | | | | | 0 | 0.00 |
| | 계 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | |
| | % | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.33 | 0.00 | 0.50 | 0.50 |
| 수행 | 분류 | | | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | 5 | 6.25 |
| | 정성적 관찰/측정 | | 8 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 | 13 | 62 | 77.50 |
| | 정량적 관찰/측정 | | 5 | 1 | 3 | 5 | 5 | 3 | 5 | 8 | 35 | 43.75 |
| | 실험기구 조작 | | 10 | 6 | 6 | 8 | 6 | 9 | 12 | 18 | 75 | 93.75 |
| | 결과 기록/기술 | | 5 | | 1 | 3 | 5 | 2 | 5 | 5 | 26 | 32.50 |
| | 실험기법 해석 | | 3 | 2 | 0 | 4 | 1 | 2 | 3 | 5 | 20 | 25.00 |
| | 계 | | 31 | 16 | 17 | 27 | 25 | 24 | 34 | 49 | 223 | |
| | % | | 51.67 | 44.44 | 35.42 | 50.00 | 50.08 | 44.44 | 47.22 | 45.37 | 46.46 | 46.46 |
| 결과 분석 | 실험결과를 표로 요약 | | 3 | | | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 13 | 16.25 |
| | 산술적 계산 | | 3 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 7 | 8.75 |
| | 자료를 그래프로 그리기 | | 1 | | | | | | 2 | | 3 | 3.75 |
| | 통계적 유의성 결정 | | | | | | | | | | 0 | 0.00 |
| | 정성적 관계 결정 | | 1 | | | | 1 | | 1 | 2 | 5 | 6.25 |
| | 정량적 관계 결정 | | 1 | 1 | | 3 | 4 | | 1 | 2 | 12 | 15.00 |
| | 실험결과에의 정확성 사정 | | | | | | 1 | 1 | | 1 | 3 | 3.75 |
| | 계 | | 9 | 1 | 0 | 5 | 8 | 3 | 9 | 8 | 43 | |
| | % | | 12.86 | 2.38 | 0.00 | 7.94 | 14.29 | 4.76 | 10.71 | 6.72 | 7.68 | 7.68 |
| 결과 해석 | 결론도출 | | 10 | 5 | 8 | 8 | 8 | 8 | 11 | 17 | 75 | 93.75 |
| | 분석에 근거한 증거 제시 | | | | | | 1 | | 1 | | 2 | 2.50 |
| | 추리 | | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 5 | 3 | 18 | 22.50 |
| | 일반화 | | 2 | 2 | 3 | 5 | 3 | 2 | 2 | 4 | 23 | 28.75 |
| | 계 | | 14 | 8 | 12 | 16 | 14 | 11 | 19 | 24 | 118 | |
| | % | | 35.00 | 33.33 | 37.50 | 44.40 | 43.75 | 30.56 | 39.58 | 33.33 | 36.88 | 36.88 |
| 적용 | 결과에 근거한 새로운 가설 설정 | | | | | | | | | | 0 | 0.00 |
| | 결과에 근거한 예상 | | 2 | 1 | 2 | 1 | 4 | | 4 | | 16 | 20.00 |
| | 자연현상에 대해 실험결과 적용 | | 3 | | 1 | | | | 1 | 2 | 7 | 8.75 |
| | 동일문제를 다른 예에 적용 | | | | | | 1 | 2 | 2 | 1 | 6 | 7.50 |
| | 동일기법을 다른 문제에 적용 | | | | | | | 2 | | | 2 | 2.50 |
| | 계 | | 5 | 1 | 3 | 1 | 5 | 6 | 7 | 3 | 31 | |
| | % | | 10.00 | 3.33 | 7.50 | 2.22 | 12.50 | 13.33 | 11.67 | 3.33 | 7.75 | 7.75 |

〈표 10〉 생물Ⅱ 교과서 실험의 과학 과정기능

| 탐구 과정기능 | | 교과서(실험 수) | A (n=18) | B (n=14) | C (n=17) | D (n=9) | E (n=19) | F (n=18) | G (n=18) | H (n=18) | 계 (n=131) | % (n=131) |
|-----------------|----------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| 문제 및 가설 설정 | 문제 설정 | | | 1 | | | | | | | 1 | 0.76 |
| | 가설 설정 | | | 1 | 1 | 1 | | | | | 3 | 2.29 |
| | 계 | | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | |
| | % | | 0.00 | 7.14 | 2.94 | 5.56 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.53 | 1.53 |
| 변인확인 및 실험 통제 | 독립변인 확인 | | | 1 | 1 | 1 | | 1 | | | 4 | 3.05 |
| | 종속변인 확인 | | | | 1 | 1 | | 1 | | 1 | 4 | 3.05 |
| | 통제변인 확인 | | | | 2 | 1 | | | | 1 | 4 | 3.05 |
| | 실험 통제 | | | 1 | | 1 | | | | | 2 | 1.53 |
| | 계 | | 0 | 2 | 4 | 4 | 0 | 2 | 0 | 2 | 14 | |
| | % | | 0.00 | 3.57 | 5.88 | 11.11 | 0.00 | 2.78 | 0.00 | 2.78 | 2.67 | 2.67 |
| 문제해결 방법 설계 | 관찰 설계 | | | | | | | | | | 0 | 0.00 |
| | 실험 설계 | | | | 1 | 1 | | 1 | | | 3 | 2.29 |
| | 표 설계 | | | | | | | | | | 0 | 0.00 |
| | 그래프 설계 | | | | | | 1 | 1 | | | 2 | 1.53 |
| | 결과 예상 | | | | | | | | | | 0 | 0.00 |
| | 계 | | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 5 | |
| | % | | 0.00 | 0.00 | 1.18 | 2.22 | 1.05 | 2.22 | 0.00 | 0.00 | 0.46 | 0.46 |
| 수행 | 분류 | | 5 | 5 | 5 | 3 | 7 | 8 | 5 | 2 | 40 | 30.53 |
| | 정성적 관찰/측정 | | 15 | 10 | 13 | 8 | 13 | 16 | 10 | 14 | 99 | 75.57 |
| | 정량적 관찰/측정 | | 7 | 8 | 7 | 5 | 9 | 8 | 9 | 6 | 59 | 45.04 |
| | 실험기구 조작 | | 18 | 12 | 15 | 9 | 18 | 18 | 14 | 18 | 122 | 93.13 |
| | 결과 기록/기술 | | 15 | 12 | 12 | 6 | 18 | 6 | 12 | 9 | 90 | 68.70 |
| | 실험기법 해석 | | 4 | 3 | 6 | 3 | 3 | 6 | 5 | 6 | 36 | 27.48 |
| | 계 | | 64 | 50 | 58 | 34 | 68 | 62 | 55 | 55 | 446 | |
| | % | | 59.26 | 59.52 | 56.86 | 62.96 | 59.65 | 57.41 | 50.93 | 50.93 | 56.74 | 56.74 |
| 결과 분석 | 실험결과를 표로 요약 | | 2 | 5 | 4 | 1 | 8 | 2 | 2 | 0 | 24 | 18.32 |
| | 산술적 계산 | | 4 | 4 | 3 | 2 | 6 | 3 | 4 | 4 | 30 | 22.90 |
| | 자료를 그래프로 그리기 | | 1 | | 2 | | 2 | 2 | 1 | | 8 | 6.11 |
| | 통계적 유의성 결정 | | | | | | | | | | 0 | 0.00 |
| | 정성적 관계 결정 | | | | | | | | 2 | | 2 | 1.53 |
| | 정량적 관계 결정 | | 2 | 1 | | 2 | 5 | 3 | 3 | 2 | 18 | 13.74 |
| | 실험결과와 정확성 사정 | | | | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | | 10 | 7.63 |
| | 계 | | 9 | 10 | 11 | 6 | 23 | 12 | 15 | 6 | 92 | |
| | % | | 7.14 | 10.20 | 9.24 | 9.52 | 17.29 | 9.52 | 11.90 | 4.76 | 10.03 | 10.03 |
| 결과 해석 | 결론도출 | | 18 | 14 | 15 | 8 | 19 | 17 | 19 | 17 | 127 | 96.95 |
| | 분석에 근거한 증거 제시 | | 1 | | 2 | 1 | | | 1 | | 5 | 3.82 |
| | 추리 | | | 5 | 4 | 1 | 4 | 4 | 6 | 3 | 27 | 20.61 |
| | 일반화 | | | 2 | 1 | 1 | 5 | 1 | 2 | 1 | 13 | 9.92 |
| | 계 | | 19 | 21 | 22 | 11 | 28 | 22 | 28 | 21 | 172 | |
| | % | | 26.39 | 37.50 | 32.35 | 30.56 | 36.84 | 30.56 | 38.89 | 29.17 | 32.63 | 32.63 |
| 적용 | 결과에 근거한 새로운 가설 설정 | | | | | | | | | | 0 | 0.00 |
| | 결과에 근거한 예상 | | 2 | | | 3 | 6 | 8 | 5 | 1 | 25 | 19.08 |
| | 자연현상에 대해 실험결과 적용 | | 1 | | | | | | | | 1 | 0.76 |
| | 동일문제를 다른 예에 적용 | | 1 | 2 | | | 3 | 4 | 2 | 1 | 13 | 9.92 |
| | 동일기법을 다른 문제에 적용 | | | | | 1 | | | 1 | | 2 | 1.53 |
| | 계 | | 4 | 2 | 0 | 4 | 9 | 12 | 8 | 2 | 41 | |
| | % | | 4.44 | 2.86 | 0.00 | 8.89 | 9.47 | 13.3 | 8.89 | 2.22 | 6.26 | 6.26 |

본 연구에서 얻은 이상의 결과는 현행 고등학교 생물 교과서의 실험활동은 거의 전부가 자세히 그리고 순서적으로 실험방법과 과정을 안내하고 있고, 실험을 하면서 학생들이 자료를 모으고 그 자료를 통해 문제에 대한 해답을 얻는 귀납적 접근방식을 취하고 있기 때문에 학생들이 수행, 결과해석 두 범주들에 속하는 세부범주들의 과학 과정기능들을 경험할 수 있는 기회는 많이 제공되고 있음을 보여준다. 반면에 나머지 다섯 범주들에 속하는 과학 과정기능들을 경험할 수 있는 기회는 적다. 특히 문제 및 가설설정, 변인 및 실험통제, 문제 해결 방법 설계 등의 범주들에 속하는 높은 수준의 과학 과정기능들을 경험할 수 있는 기회는 극히 제한적임을 보여준다. 이와 같은 결과는 과학 실험서 또는 과학 교과서의 실험이 학생들에게 관찰, 측정, 기구조작, 결과 기록·기술, 관계결정, 추리, 일반화 등의 과학 과정기능들의 수행은 많이 요구하지만 문제설정, 가설설정, 실험방법 설계, 결과 예상, 실험결과 적용 등의 과학 과정기능들의 수행의 요구는 극히 제한적이라는 외국의 선행연구들(Tamir & Lunetta, 1978; Lunetta & Tamir, 1979; Lunetta & Tamir, 1981; Tamir & Lunetta, 1981; Fuhrman, Lunetta & Novick, 1982; Lump & Scharmann, 1991; Tamir & Pilar-Garcia, 1992; German, Haskins & Auls, 1996a, b; Soyibo, 1998; Basey, Mendlow & Ramos, 2000)의 결과와 일치한다.

과학 실험서나 과학 교과서의 실험에 실험 방법과 과정에 대한 자세한 지시와 안내가 되어 있는 것이 어떤 특정한 목표들, 예컨대 조작적 기능 습득 같은 목표들을 달성하는 데에는 적절하고 효율적일 수 있다. 하지만 학교 과학 실험을 통하여 학생들은 조작적 기능뿐만 아니라 문제해결 능력을 증진시키기 위하여 문제설정, 가설설정, 실험방법 설계, 실험결과 적용 같은 높은 수준의 과학 과정기능들을 경험하여야 한다(Lunetta & Tamir, 1981; Fuhrman, Lunetta & Novick, 1982). 따라서 현행 고등학교 생물 I, II 교과서의 실험이 높은 수준의 과학 과정기능을 수행할 수 있는 기회를 학생들에게 극히 제한적으로 제공하고 있다는 점에서 실험수업을 할 때 교사들의 신중한 고려가 있어야 한다. 교과서에서 지시하고 안내한 대로 실험수업을 진행할 것이 아니라 교사가 의도하는 수업목표에 맞게 실험활동을 선정하고 변형시키는 것이 필요할 것이다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 고등학교 생물 교과서에 실려 있는 실험의 특성을 밝혀 현장교사들에게 실험수업에 필요한 정보를 제공하고자 생물 I 교과서 전체 8종과 생물 II 교과서 전체 8종 총 16권의 고등학교 생물 교과서 실험내용을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

현행 제7차 과학과 교육과정상 실험이 탐구활동의 한 유형으로 다른 유형의 탐구활동과

함께 교과서에 수록되어 있기 때문에 실험의 빈도는 전체적으로 적은 편이었고 교과서 단위에 따라 큰 차이가 있었다. 실험목적과 학습산물에 따른 실험유형의 비율은 탐구실험, 관찰실험, 예증실험의 순으로, 그리고 기능실험과 연구실험이 같은 비율로 뒤를 이었고, 실험내용의 속성에 따른 실험유형의 비율은 인과적 실험, 비교실험, 기술적 실험의 순이었다.

실험의 조직에서는 높은 수준으로 구조화되어 있는 실험이 생물 I 과 II에서 각각 100%와 98.47%로 거의 대부분이었고, 대부분의 실험들이 귀납적 접근방식을 취하였으며 본문에 선행하거나 통합되어 있는 것이 다수였다.

한편 실험의 탐구수준을 8단계(0~7까지) 척도로 분석한 결과 생물 I 과 II에서 평균 2.84와 2.91, 그리고 전체적으로 2.88로 나타나 비교적 낮은 수준이었다. 수행 결과해석 범주의 과학 과정기능들을 학생들이 경험할 수 있는 기회는 상대적으로 많았으나 문제 및 가설설정, 변인확인 및 실험통제, 문제해결 방법 설계, 결과분석, 적용 범주의 과학 과정기능들을 경험할 수 있는 기회는 매우 부족하였다.

한편 본 연구는 고등학교 생물 I, II 교과서에 실려 있는 실험을 분석대상으로 그 특성을 밝혔기 때문에 학교 과학 실험실에서 학생들이 실제로 경험하는 생물 실험의 특성과는 차이가 있을 수 있다. 그러므로 추후 고등학교 생물실험에 실제로 사용되는 실험 수업자료, 실험 보고서 등을 분석하거나 생물실험을 관찰 분석하는 방법으로 학생들이 실제로 경험하는 생물실험의 특성을 밝히는 후속연구를 수행할 필요가 있다.

생물 교과서를 구성하고 있는 단원들에 따른 실험빈도의 차이를 줄이기 위하여 실험이 전혀 없거나 빈도가 아주 낮은 단원들과 관련된 적절한 실험의 개발이 요구됨과 더불어 다양한 탐구수준을 갖는 다양한 형태의 실험의 개발도 필요하다. 그리고 생물 교과서의 실험에 실험 방법과 과정이 자세히 지시되거나 안내되어 있기 때문에 학생들이 다양한 범주의 과학 과정기능들을 경험할 수 있는 기회가 적은 문제점을 해결하기 위하여 특정 실험수업마다 교사가 의도하는 수업목표에 맞게 특정한 과학 과정기능들을 선택하여 포함시킴으로써 학생들이 다양한 범주의 과학 과정기능들을 수행할 수 있는 기회를 제공하는 전략이 필요하고, 교사가 실험수업을 계획할 때 의도하는 수업목표에 맞게 교과서의 실험내용을 수정·보완하여 재구성하는 세심한 주의가 있어야 할 것으로 판단된다. 이와 관련하여 특정 과학 과정기능의 범주와 학생들의 이해와의 관계에 관한 연구와 아울러 범주별 과학 과정기능들의 수행에 적절한 형태의 특정한 실험들의 개발에 관한 후속연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- 강동진, 정충덕 (1996). 제6차 교육과정에 따른 고등학교 생물 교과서의 탐구 영역 비교 분석. **한국과학교육학회지**, 24(2), 153-165.
- 고계순, 심규철, 김현섭 (2007). 중학교 과학 생물의 구조와 기능 단원의 실험 및 관찰 탐구 활동에 대한 교과서 비교 연구. **한국생물교육학회지**, 29(1), 46-56.
- 구자옥, 성민웅 (2001). 초·중·고등학교 과학 교과서의 광합성 실험 주제와 방법의 분석. **한국생물교육학회지**, 29(3), 251-259.
- 김미경, 김희백 (2006). 현행 과학 고등학교 생물 교과 실험 분석: 참과학 탐구의 추론 특성을 중심으로. **한국생물교육학회지**, 34(3), 330-341.
- 김영신, 차희영, 김성하, 이길재, 정완호 (2002). 생물실험의 창의력 및 과학적 사고력 향상 효과에 대한 생물교사들의 인식 조사. **한국생물교육학회지**, 30(4), 301-308.
- 김해식, 성민웅 (2001). 초·중·고등학교 제6차 교육과정 과학 교과서에 나오는 광합성 실험 재료 및 탐구활동에 관한 분석. **한국생물교육학회지**, 29(3), 260-271.
- 류면옥 (1999). 공통과학 중 생물분야의 탐구활동 분석. **한국생물교육학회지**, 27(2), 109-117.
- 박남이, 임낙룡, 박경화 (2005). 제7차 교육과정 고등학교 생물 I 자극과 반응 단원의 탐구활동에 대한 교과서 비교 분석. **한국생물교육학회지**, 33(1), 70-81.
- 박성은, 허명 (1996) Vee Diagram을 이용한 제5차, 제6차 교과서의 실험·관찰의 비교 분석: 중학교 2학년 생물단원을 중심으로. **한국과학교육학회지**, 16(3), 260-269.
- 박인근, 최종석 (1998). 고교 공통과학의 실험 능력 평가 도구 개발: 생물영역을 중심으로. **한국생물교육학회지**, 26(2), 191-201.
- 박재근 (2004). 제7차 교육과정에 따른 고등학교 생물Ⅱ 교과서에서 물질 대사 단원에 대한 탐구활동의 비교 분석. **한국생물교육학회지**, 32(2), 124-134.
- 심규철 (2006). 국민공통기본 교육과정 과학과 생명영역 생식과 발생 단원의 탐구활동 분석. **한국생물교육학회지**, 34(3), 321-329.
- 심규철, 안중임, 김현섭 (2004). 국민공통기본 교육과정 과학과 생명영역 물질대사 관련 탐구활동 분석. **한국과학교육학회지**, 24(2), 202-215.
- 심규철, 이연숙, 김현섭, 박영철 (2004). 제6차와 제7차 과학과 고등학교 1학년(공통과학과 10학년 과학) 교과서 생식 단위 탐구의 비교 분석. **한국생물교육학회지**, 32(1), 9-15.
- 심현섭, 고계순, 심규철, 박영철 (2002). 중학교 과학 생명영역 유전과 진화 단원의 관찰 및 실험 학습 내용 분석 연구. **한국생물교육학회지**, 30(1), 89-95.

- 안태인, 정해문, 김현정, 최지영 (1987). 중·고등학교 생물 교과과정의 세포 및 동물실험 모델의 개발에 관한 연구: 원생생물의 채집 및 분류를 중심으로. **한국과학교육학회지**, 7(2), 21-35.
- 양일호, 김석민, 조현준 (2007). 초·중등학교 과학 실험수업의 유형 분석. **한국과학교육학회지**, 27(3), 235-241.
- 양일호, 정진우, 허명, 김석민 (2006a). 실험수업 유형 분류틀 개발. **한국과학교육학회지**, 26(3), 342-355.
- 양일호, 조현준, 정진우, 허명, 김영신 (2006b). 학교 과학교육에서의 실험활동의 목적: 전문가 커뮤니티를 통한 델파이 연구. **한국과학교육학회지**, 26(2), 177-190.
- 양홍준, 오성숙, 박성호, 송방호, 정화숙, 손종경, 권덕기 (1998). 고등학교 교과서 생물 I 과 생물 II에서 탐구학습 내용의 비교 분석: 환경 단원을 중심으로. **한국생물교육학회지**, 26(1), 9-18.
- 유준희, 정구홍 (1993). 재조합 DNA 기술에 대한 실험교재의 개발과 적용. **한국생물교육학회지**, 21(2), 163-174.
- 윤덕근, 김성하, 차희영, 이길재, 정완호 (2004). 과학고 학생들의 창의력과 과학적 사고력 향상을 위한 생물실험 모듈의 적용 효과. **한국과학교육학회지**, 24(3), 556-564.
- 이봉우, 박보화, 김희경 (2007). 우리나라 3~10학년 과학 교과서에 나타난 기초탐구과정 분석: 관찰 및 측정 탐구 요소를 중심으로. **한국과학교육학회지**, 27(5), 421-431.
- 이현미, 김성하, 차희영, 이길재, 정완호 (2002). Rapid-Cycling *Brassica rapa*를 이용한 창의력 및 과학적 사고력 향상을 위한 광합성 실험 모듈의 개발. **한국생물교육학회지**, 30(4), 289-300.
- 정완호, 김영애 (1991). 초·중·고등학교 생물 영역에서 공통 실험내용의 연계성에 관한 연구. **한국생물교육학회지**, 19(1), 11-26.
- 홍정림, 박승재, 장남기 (1997). 고등학교 장학생 선발고사 응시생의 탐구적 생물실험 평가에 관한 연구. **한국과학교육학회지**, 17(2), 201-207.
- 황진숙, 성민웅 (2000). 초·중·고등학교 과학 교과서에서의 물관과 체관에 관한 탐구활동 내용 분석. **한국생물교육학회지**, 28(4), 320-329.
- Basey, J. M., Mendelow, T. N., & Ramos, C. N. (2000). Current trends of community college lab curricula in biology: An analysis of inquiry, technology, and content. *Journal of Biological Education*, 34(2), 80-86.
- Chang, C-Y., & Weng, Y-H. (2002). An exploratory study on students' problem-solving ability in earth science. *International Journal of Science Education*, 24(5), 441-451.

- Fuhrman, M., Lunetta, V. N., & Novick, S. (1982). Do secondary school laboratory texts reflect the goals of the new science curricula. *Journal of Chemical Education*, 59, 563-565.
- German, P. J., Haskins, S. S., & Auls, S. V. (1996a). Comparing features of seven high school biology laboratory manuals. *The American Biology Teachers*, 58(2), 78-84.
- German, P. J., Haskins, S. S., & Auls, S. V. (1996b). Analysis of nine high school biology laboratory manuals: Promoting scientific 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.
- Gott, R., & Mashiter, J. (1991). Practical work in science: A task-based approach, In B. Woolnough (Ed.), *Practical science*. Milton Keynes: Open University Press.
- Gott, R., Welford, G., & Foulds, K. (1988). *The assessment of practicals work in science*. Oxford: Blackwell.
- Herron, M. D. (1971). The nature of scientific inquiry. *School Review*, 79, 171-212.
- 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.
- Kampourakis, C., & Tsapalis, G. (2003). A study of the effect of a practical activity on problem solving in chemistry. *Chemistry Education: Research and Practice*, 4(3), 319-333.
- Kapenda, H. M., Kandjeo-Marenga, H. U., & Kasanda, C. D. (2002). Characteristics of practical work in science classrooms in Namibia. *Journal of Science & Technological Education*, 29(1), 53-65.
- Lumpe, A. T., & Scharmann, L. C. (1991). Meeting contemporary goals for lab instruction: A content analysis of two secondary biology textbooks. *School Science and Mathematics*, 91(6), 231-235.
- Lunetta, V. N., & Tamir, P. (1979). Matching lab activities with teaching goals. *The Science Teacher*. 46(5), 22-24.
- Lunetta, V. N., & Tamir, P. (1981). An analysis of laboratory activities: Project physics and PSSC. *School Science and Mathematics*, 81, 635-642.
- Millar, R. (1989). What is 'scientific method' and can it be taught?. In J. Wellington (Ed.), *Skills and processes in science education: A critical analysis*. London: Routledge.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, D. C.: National Academy Press.

- Soyibo, K. (1998). An assessment of Caribbean integrated science textbooks practical tasks. *Research in Science & Technological Education*, 16(1), 31-41.
- Sundberg, M. D., & Moncada, G. J. (1994). Creating effective investigative laboratories for undergraduates. *Bioscience*, 44, 698-704.
- Tamir, P., & Lunetta, V. N. (1978). An analysis of laboratory inquiries in the BSCS yellow version. *The American Biology Teacher*, 40(6), 353-357.
- Tamir, P., & Lunetta, V. N. (1981). Inquiry-related tasks in high school science laboratory handbooks. *Science Education*, 65(5), 477-484.
- Tamir, P., & Pilar-Garcia, M. (1992). Characteristics of laboratory exercises included in science textbooks in Catalonia(Spain). *International Journal of Science Education*, 14(4), 381-392.
- Tamir, P., Stavy, R., & Ratner, N. (1998). Teaching science by inquiry: Assessment and learning. *Journal of Biological Education*, 33, 27-32.
- Tiberghien, A., Veillard, L., Le Maréchal, J. F., & Buty, C. (2001). An analysis of lab work tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several European countries. *Science Education*, 85(5), 483-508.
- Yager, R. E. (1991). The centrality of practical work in science/technology/society movement. In B. Woolnough (Ed.), *Practical science*. Milton Keynes: Open University Press.

• 논문 접수 : 2008년 2월 26일 / 수정본 접수 : 2008년 4월 2일 / 게재 승인 : 2008년 4월 15일

ABSTRACT

An Analysis on the Characteristics of Experiments in Current Biology Textbooks for High School Students

Jin-Seok Hwang(Ph. D. Candidate, Gyeongsang National University)

Chul-Kyoo Park(Ph. D. Candidate, Gyeongsang National University)

Dae-Oh Kwack(Professor, Gyeongsang National University)

The content of experiments in current biology textbooks for high school students was analyzed to find out the characteristics of high school biology experiments.

The number of experiments offered in biology textbooks was small in general, and it differed largely in different chapters. In the classification of experiment types according to the aim and learning outcomes of experiments, the main types were inquiry experiment and observation experiment among five experiment types, and the number of cause-effect experiment or comparison experiment was much more than that of descriptive experiment in the experiment types classified by the nature of experiments.

In experiment organization, almost of experiments were highly structured, inductive in approach with the relation to texts of precedence or integration. The average inquiry level of experiments was 2.88 when it was analyzed by the inventory of inquiry with eight levels of inquiry derived from categories of science process skills used in this study.

The experiments directed students engagement in doing science process skills included in the categories of performance, and interpretation of results, but provided students with few opportunities to perform science process skills included in the categories of formulation of problems or hypotheses, identification of variables or control of experiments, design of ways and means, analysis of results, and application of results.

Key Words : biology textbooks, experiment types, experiment organization, inquiry level, science process skills

