

# 한국과 싱가포르의 중학교 과학 교과서의 물리 영역 탐구 활동의 특징 비교

김태일\* · 이재봉<sup>1</sup> · 신광문 · 박종찬 · 김동훈 · 이성묵

서울대학교 · <sup>1</sup>한국교육과정평가원

## A Comparative Study on Physics Inquiry Activities of Science Textbooks for Secondary School in Korea and Singapore

Kim, Tae-Il\* · Lee, Jae-Bong<sup>1</sup> · Shin, Kwang-Moon · Park, Jong-Chan ·

Kim, Dong-Hoon · Lee, Sung-Muk

Seoul National University · <sup>1</sup>Korea Institute of Curriculum and Evaluation

**Abstract:** The purpose of this study is to compare inquiry activities in science textbooks' physics contents for Korean secondary schools with those of Singapore in order to provide a reference for further improvement of inquiry activities in Korean science textbooks. We analyzed inquiry activities using the framework of Millar et al.(1998) and Chinn & Malhotra (2002). The results of this study are as follows: There are differences between Korean and Singaporean inquiry activities in the area of 'learning objectives', 'students' thinking activities' and 'degree of openness'. In the area of 'learning objectives', the Korean textbooks have more activities associated with the learning of science content than those in Singaporean, whereas the Singaporean textbooks have more activities associated with the processes of scientific inquiry than in Korean textbooks. In the area of 'students' thinking activities', the Singaporean textbooks have activities like 'test a prediction', which Korean textbooks lack. The 'degree of openness' is higher in Singaporean textbooks than in Korean textbooks. And some differences in the area of 'authentic scientific inquiry' between Korean and Singaporean textbooks were also found. While the Korean textbooks do not have any activities associated with 'generating research questions', the Singaporean ones feature such activities. In the area of 'designing studies', the Singaporean textbooks have activities corresponding to 'selecting variables' and 'controlling variables', while the Korean ones never have such activities. The results of this study imply that it is necessary to balance inquiry activities in the area of 'learning objectives', 'students' thinking activities' and 'degree of openness', and to present activities close to authentic scientific inquiry in inquiry activities in textbooks.

Key words: inquiry activity, science textbook, authentic scientific inquiry, Korea, Singapore

### I. 서론

탐구 능력의 신장이 과학교육의 중요한 목표의 하나로 설정된 이후 탐구 활동은 많은 나라의 교육과정에서 중시되고 있다(김주훈 등, 1991; 이봉우, 2005). 한국에서도 제3차 교육과정에서 탐구를 도입한 이후 제7차 교육과정에 이르기까지 탐구 능력의 향상은 과학교육에서 중요한 영역을 차지하고 있다(교육부, 1997). 이러한 탐구 활동의 강조 기조는 2007년 개정 교육과

정에서도 여전히 유효하다(교육인적자원부, 2007).

교과서는 교육과정의 목표를 달성하기 위해 제작된 과학 지식의 일차적 출처이며, 수업 내용을 설명하는 주요한 참고 자료이며, 실험지도서이다(Guthrie, 1981; 유모경, 조희형, 2003에서 재인용). 따라서 제7차 교육과정에 따른 과학 교과서는 다양한 탐구 활동을 통해 기본 개념의 구조적 이해와 탐구 능력을 향상시킬 수 있도록 저술되어야 한다(유모경, 조희형, 2003). 하지만 중학교 2학년 과학 교과서의 탐구 영역을 분석한

\*교신저자: 김태일(field84@hanmail.net)

\*\*2006.12.19(접수) 2007.07.02(1심통과) 2007.08.15(2심통과) 2007.10.12(최종통과)

결과에 따르면 교과서에 제시된 탐구의 과정 및 활동 중 많은 수가 그 이름과 내용이 일치하지 않았다(박효순, 조희형, 2003). 또, 중학교 2·3학년 과학 교과서의 생물 영역에 제시된 탐구 활동에서 참 과학 탐구(authentic scientific inquiry)를 반영하고 있는 정도를 분석한 연구에 따르면, 우리나라 교과서의 탐구 활동은 참 과학 탐구의 특징 중 일부만을 다루고 있어 교과서 탐구 활동만으로는 이를 학습할 기회를 부여받기 어렵다고 주장한다(이승우, 2004). 또한 중학교 과학 교과서 물리 실험의 특징과 유형을 분석한 연구에 의하면 우리나라의 탐구 활동에는 실험을 설계하고, 실험 결과 자료를 이용하여 결론을 도출하고 이를 의사소통하는 과정이 거의 고려되지 않고 있으며, 학생들의 인식에서도 이러한 과학적 방법이나 과정에 대한 고려가 부족하다고 지적하고 있다(김희경, 2003). 이와 같이 교육과정에서 탐구 활동을 강조한 결과 교과서에 실린 탐구 활동의 수는 많아졌지만, 이러한 탐구 활동은 교육과정에서 제시한 탐구의 의미를 제대로 반영하지 못하고 있으며, 학생들의 탐구 능력을 향상시킬 수 있는 참 과학 탐구와는 거리가 먼 활동이 대부분이라는 것을 알 수 있다.

우리나라는 2007년에 교육과정이 개정되어 이에 따른 새로운 교과서가 개발되고 있다. 이러한 시점에서 외국의 과학 교과서 탐구 활동을 탐색하는 것은 우리나라의 탐구 교육과정을 개선하고 그에 따른 교과서 탐구 활동을 구성하는데 유용한 기초 자료가 될 수 있을 것으로 기대한다.

본 연구의 목적은 한국과 싱가포르의 교과서 탐구 활동의 특징을 비교함으로써 한국의 과학 교과서 탐구 활동 구성에 시사점을 도출하는 데 있다. 싱가포르를 비교 대상으로 선정한 이유의 하나는 한국과 마찬가지로 싱가포르의 교육과정에서도 탐구 활동을 강조하고 있다는 점이다(Ministry of Education, 2001a, 2001b, 2006). 특히 싱가포르의 교육과정에는 ‘탐구 기능(Skill)’과 ‘탐구 과정(Process)’에 대한 자세한 해설과 더불어 ‘탐구로서의 과학(Science as an inquiry)’을 내용 요소 속에 고르게 포함시켜 과학적인 기능과 과정 및 태도를 기르게 한다는 항목이 있을 정도로 탐구로서의 과학을 강조한다. 다른 하나는 세 차례에 걸쳐 시행된 TIMSS(Trends in International Mathematics and Science Study) 1995, TIMSS 1999, TIMSS 2003에서 지속적으로 최상위권1)을 차지할 만큼 싱가포르

의 과학성취도가 높다는 점이다. 특히 ‘과학적 탐구 능력 및 과학의 본성’ 영역에 대한 평가가 이루어진 TIMSS 1999에서 싱가포르는 이 영역에서 1위를 차지했다(홍미영, 2002). 마지막으로 미국이나 유럽의 나라에 비해 한국과 비슷한 교과서 체제와 사회 경제적 배경을 가진 싱가포르가 한국에 더 높은 적용 가능성을 가지기 때문이다.

본 연구에서 설정한 연구 문제는 다음과 같다.

- 1) 두 나라의 과학 교과서에 제시된 탐구 활동의 목적, 학생의 사고 관련 활동, 과제의 개방성 정도는 어떻게 다른가?
- 2) 두 나라의 과학 교과서에 제시된 탐구 활동에서 참 과학 탐구를 반영하고 있는 정도는 어떻게 다른가?

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 한국과 싱가포르의 7·8학년 과학 교과서에 실린 탐구 활동 중 물리 영역의 탐구를 분석 대상으로 하였다. 표 1은 한국과 싱가포르의 중학교 과학 교과서 체제이다. 두 나라의 교과서를 비교하기 위해선 비교 동등성을 확보하는 것이 중요하기 때문에(박순경 등, 1999) 7·8학년 교과서만 분석하였다. 싱가포르는 한국과는 달리 교과서가 내용 학습을 위한 이론 책과 탐구 학습을 위한 실험 책의 둘로 나누어져 있다. 따라서 실험 책에 해당하는 『Practical Workbook』에 실린 탐구 활동을 분석 대상으로 하였다.

한국의 9종의 중학교 교과서와 싱가포르의 5종의 과학 교과서 중에서 비교적 많이 사용되고 있는 것으로 알려진 J사의 교과서와 『Explore Your World with Science Discovery 1, 2(Heyworth, 2004a, 2004b)』를 분석 대상으로 하였다. 한국의 7·8학년 교과서에는 물리 영역의 탐구 활동 65개가 있었으며, 싱가포르의 7·8학년 교과서에는 물리 영역의 탐구 활동 63개가 있었다.

표 1  
한국과 싱가포르의 교과서 체제

	한국	싱가포르
7학년	과학 교과서	과학 이론 책(내용)
8학년	Lower Secondary (7학년, 8학년)	과학 실험 책(탐구)
9학년	Upper Secondary (9학년, 10학년)	물리, 화학, 생물 (내용+탐구)

1) TIMSS 1995: 싱가포르 1위, 한국 4위. TIMSS 1999: 싱가포르 2위, 한국 5위. TIMSS 2003: 싱가포르 1위, 한국 3위

7학년의 경우 한국은 빛, 힘, 파동 단원에 모두 34개의 탐구 활동이 있으며, 싱가포르는 탐구로서의 과학, 측정, 비율과 속력, 에너지, 힘과 압력, 힘과 일, 열에너지의 효과, 열에너지의 전달 단원에서 모두 35개의 탐구 활동이 있다. 8학년의 경우 한국은 운동, 전기 단원에 모두 31개의 탐구 활동이 있으며, 싱가포르는 탐구로서의 과학, 빛, 전기, 소리 단원에 모두 28개의 탐구 활동이 있다. 이와 같이 두 나라의 물리 관련 탐구 활동의 수에는 큰 차이가 없다.

## 2. 분석 방법

한국과 싱가포르의 교과서에 제시된 탐구 활동을 분석하기 위해서 Millar *et al.*(1998)의 탐구 활동 분석틀을 이용하여 탐구 활동의 일반적인 특징을 분석하였고, Chinn & Malhotra(2002)의 분석틀을 이용하여 참 과학 탐구의 반영 정도를 비교하였다. Millar *et al.*(1998)의 분석틀은 탐구 활동의 목적과 특징을 분류하는데 적합하고, Chinn & Malhotra(2002)의 분석틀은 탐구 활동의 과정을 분석하기에 적합하여 상호보완적 관계가 있어 두 분석틀을 사용하였다.

4인의 연구자가 Millar *et al.*(1998) 및 Chinn & Malhotra(2002)의 분석틀을 사용하여 탐구 활동을 분류한 후, 서로의 결과를 비교하여 분석자 상호간에 일치된 정도를 확인하는 작업을 반복하였다. 이 과정에서 교과서의 탐구 활동 분석에 적합하도록 Millar *et al.*(1998) 및 Chinn & Malhotra(2002)가 제시한 분석틀을 일부 수정하였다. Millar *et al.*(1998)의 '탐구 활동 분석틀'은 크게 2가지 영역으로 나누어져 있는데, 한 영역은 '탐구 활동의 목적'이고, 다른 영역은 '탐구 과제의 특성' 영역이다. '탐구 과제의 특성' 영역은 '탐구 설계의 특징'과 '탐구가 수행되는 상황'을 포함한다. Millar *et al.*(1998)의 분석틀은 탐구 활동이 가지는 특징을 자세하게 목록화할 수 있으며, 특히 탐구 활동의 목적과 특징을 한눈에 알아볼 수 있다는 장점이 있다. Chinn & Malhotra(2002)의 분석틀은 참 과학 탐구의 요소를 '연구 문제 착안', '연구 설계', '관찰하기', '결과 설명', '이론의 개발', '연구 보고서 고찰'의 6개 영역으로 분류하여, 과학자들이 실제로 수행하는 참 과학 탐구의 요소를 얼마나 포함하고 있는지를 확인할 수 있다는 장점이 있다.

두 분석틀에 제시된 분류 기준 중에서 교과서에 기술된 내용만으로는 파악하기 어려운 요소와 학교에서 실시하는 탐구 활동에 포함되기 어려운 몇 가지 하위 요소는 비교 대상에서 제외하였다. 또 분류 기준이 명

확하지 않은 부분은 4명의 연구자가 토론을 통하여 연구자 상호간의 분석 결과가 일치하도록 하였다. 그리고 과학교육 전문가 2인의 검토를 통하여 탐구 활동이 분류 기준에 맞게 분류되었는지를 검증받았다. 최종적으로 수집된 자료는 SPSS12 프로그램을 사용하여 비교 분석하였다.

## III. 연구 결과

### 1. 탐구 활동의 특징 비교

두 나라의 7, 8학년 과학 교과서에 실린 물리 탐구 활동의 일반적인 특징을 비교하기 위하여 Millar *et al.*(1998)의 탐구 활동 분석틀을 교과서 탐구 활동 분석에 적합하도록 수정하여 탐구 활동의 목적, 학생의 사고 관련 활동, 과제의 개방성 정도의 세 범주로 나누었다.

#### 1) 탐구 활동의 목적

한국과 싱가포르의 과학 교과서 탐구 활동의 목적을 파악하기 위하여 각 탐구 활동에 제시된 학습 목표와 활동의 전반적인 내용을 분석하였다. 그 결과는 표 2와 같다. 탐구 활동의 목적 분석에서 한 활동에 내용 요소와 과정 요소가 모두 포함된 경우에는 두 요소를 각각 셈하였다. 그 결과 한국은 내용 목표가 차지하는 비율(58.0%)이 과정 목표가 차지하는 비율(42.0%)보다 높았다. 이에 비해 싱가포르는 과정 목표가 차지하는 비율(55.2%)이 내용 목표가 차지하는 비율(44.8%)보다 높았다. 또, 두 나라 탐구 활동의 목적의 하위 범주에 따른 빈도 차이를 보기 위해  $\chi^2$ 검증을 실시한 결과 하위 범주들 사이에는 유의미한 차이가 있었다( $p < 0.001$ ).

탐구 활동의 목적의 하위 범주에서 한국이 싱가포르보다 두드러지게 많았던 요소는 세 가지로 내용 학습에서 '사물과 현상 인식 및 친숙(한국 22.3%, 싱가포르 13.8%)', '사실 학습(한국 20.5%, 싱가포르 7.8%)'과 과정 학습에서 '자료 처리 방법 학습(한국 17.9%, 싱가포르 7.0%)'이다. 싱가포르가 한국보다 특히 많았던 요소는 과정 학습의 '실험 기구 사용법(한국 17.0%, 싱가포르 24.1%)'과 '탐구를 계획하고 문제를 다루는 법(한국 0%, 싱가포르 15.5%)'이다. 이러한 결과는 제 7차 교육과정의 7학년 과학 교과 생명 영역의 탐구를 분석한 심규철 등(2002)의 연구 결과와도 일치한다. 심규철 등(2002)은 탐구 과정에 대한 분석을 통해 한국의 생물과 탐구 활동은 탐구의 수행이나 자료의 해석 부분이 대다수를 차지할 정도로 편중되어 있다고 지적





기'와 '직접 측정하지 않은 물리량 값 결정하기'의 비율도 높은 편이었다. '새로운 개념 발견하기' 활동은 두 나라에서 모두 발견되지 않았다. 이는 중학교의 탐구 활동 수준에서 새로운 개념을 발견하는 활동이 쉽지 않기 때문일 것으로 추측할 수 있다.

'예상 검증하기' 사고 활동이 잘 반영된 싱가포르 탐구 활동의 예로 '가설 세우고 검증하기(Making and testing a hypothesis)' 활동을 들 수 있다. 이 활동은 교사가 준 상자를 가지고 무거운지, 움직이는지, 소리가 나는지, 또는 자석이 끌리는지 등의 몇 가지 활동을 해본 다음 학생들이 스스로 상자 속에 무엇이 들어있는지에 대한 가설을 세운다. 그 다음 자신이 세운 가설에 따라 예측할 수 있는 것들이 무엇인지를 찾고 이를 검증하기 위한 활동을 실시하는 것으로 구성되어 있다. 간단한 활동이지만 학생들이 가설을 설정하고, 이를 검증하는 과정에 대하여 이해할 수 있을 것으로 판단된다.

### 3) 과제의 개방성 정도

과제의 개방성은 '문제 제시', '실험 장치', '실험 과정', '데이터 처리 방법', '결과 해석'에 대한 결정이 누구에 의해 이루어지는가에 따른 분류이다. 이러한 하위 요소들은 각각 교사의 결정(T), 교사와 학생 사이의 토론에 의한 결정(TS), 학생 주도의 선택(S)으로 분류하

였다. 표 4는 과제 개방성 정도의 분석 결과이다.

각 범주에 대한 개방도를 알아보기 위해 4인의 연구자가 각각 활동의 개방성 정도에 대해 교사 결정(T)은 1점, 교사 학생 토론(TS)은 3점, 학생 주도(S)는 5점을 부여한 다음, 서로 다르게 판단한 활동에 대해서는 논의를 통해 개방성 정도를 확정하여 평가의 신뢰도를 높였다. 결과의 분석에서 3단계 리커트 척도를 사용하여 두 집단의 정상분포를 가정할 수 없기 때문에 비모수통계법인 맨-위트니 검정(Mann-Whitney test)을 실시하였다. 두 집단을 비교한 결과 표 5와 같이 과제 개방성 정도의 모든 하위 요소에서 유의미한 차이가 있었다.

'문제 제시'에 관해서 한국은 모든 활동이 교사 결정으로 이루어지며 학생들이 스스로 문제를 만들 기회를 전혀 제공받지 못하였다. 이에 비해 싱가포르는 일부 활동에서 학생들이 스스로 문제를 설정하는 기회를 가짐으로써 '문제 제시'에 대하여 한국보다 더 높은 개방성을 가진다. 하지만 두 나라 모두 '문제 제시'의 개방성은 매우 낮았다.

'사용할 실험 장치'에의 개방성 정도는 두 나라 모두 높지 않았다. 한국의 경우 전체 실험에서 학생에게 선택권을 준 경우는 없었다. 따라서 학생들은 주어진 재료를 이용하여 주어진 과정으로 실험을 할 수밖에

표 4  
과제 개방성의 정도에 따른 분석 결과

하위 범주	빈도(%)							
	한국				싱가포르			
	T	TS	S	기타	T	TS	S	기타
Oq: 문제 제시	63(96.9)	0	0	2(3.1)	58(92.1)	3(4.8)	2(3.1)	0
Oe: 사용할 실험 장치	59(90.8)	1(1.5)	0	5(7.7)	56(88.9)	1(1.6)	6(9.5)	0
Op: 실험 과정	47(72.3)	12(18.5)	1(1.5)	5(7.7)	31(49.2)	17(27.0)	15(23.8)	0
Om: 데이터를 다루는 방법	32(49.2)	22(33.8)	6(9.3)	5(7.7)	22(34.9)	8(12.7)	33(52.4)	0
Oi: 결과 해석	9(13.8)	43(66.2)	13(20.0)	0	3(4.8)	24(38.1)	36(57.1)	0

(T: 교사 결정, TS: 교사 학생 토론, S: 학생 주도)  
\* 하위 범주가 포함되지 않은 경우는 기타로 분류

표 5  
과제 개방성 정도의 하위 범주의 차이

하위 범주	한국		싱가포르		Mann-Whitney의 U	Z
	평균	표준편차	평균	표준편차		
Oq	1.00	0	1.22	.81	1827	-2.27*
Oe	1.03	.26	1.41	1.20	1708	-2.15*
Op	1.47	.93	2.57	1.68	1258	-3.74**
Om	2.13	1.35	3.35	1.85	1203	-3.73**
Oi	3.12	1.67	4.05	1.18	1243	-4.28**

\*p<0.05, \*\*p<0.001

여러분은 탐구를 통해 다음 질문에 대한 답을 찾아내야 한다.

1. 전자석의 세기에 영향을 미칠 것으로 생각되는 세 가지 요소를 제안하여라.  
그 중에서 한 가지를 선택하여 조별로 조사를 해보자.
2. 무엇을 할 것인지 써라.
3. 설계한 과정을 선생님께 확인받은 다음, 실험을 실시하고, 그 결과를 기록하여라.
4. 여러분이 선택한 변인은 전자석의 세기에 어떤 영향을 미치는가?
5. 다른 조의 실험 결과를 모아라. 전자석의 세기에 영향을 주는 요인을 모두 설명하여라.

그림 2 싱가포르의 ‘전자석의 세기에 영향을 미치는 것은 무엇일까?’ 활동

없다. 싱가포르의 경우도 ‘사용할 실험 장치’의 개방성은 그다지 높지 않았다. 이는 학교의 실험실 환경과 수업 환경에서 실험 장치를 자유롭게 제공할 수 없다는 한계가 있기 때문으로 판단된다. 하지만 이러한 제약에도 불구하고 싱가포르의 경우는 몇 가지 실험 기구 중에서 ‘사용할 실험 장치’를 학생이 주도적으로 선택할 수 있도록 한 실험이 있었다.

‘실험 과정’의 개방성 정도를 분석한 결과, 두 나라 모두 교과서에서 실험 과정 전체를 제시한 경우가 많았다. 하지만 학생이 주도적으로 실험 과정을 설계하는 탐구 활동의 수는 싱가포르(15개)가 한국(1개)보다 훨씬 더 많았다.

‘실험 데이터를 다루는 방법’의 개방성 정도에서 한국은 대부분 교사 주도로 이루어지지만, 싱가포르는 학생 주도로 이루어지는 활동이 많았다.

‘결과 해석’에서 한국은 다른 하위 범주에 비하여 개방성 정도가 비교적 높게 나왔다. 이는 탐구 활동의 마지막에 ‘설명해 보자’, ‘토의해 보자’ 등의 표현이 있는 경우 교사와 학생의 토론으로 잡았기 때문이다. 하지만 교과서의 맥락 속에서 이를 살펴보면 실제로 교사와 학생의 토론을 이끌어내기 위한 표현이 아니라, 탐구 실험의 내용 정리를 위한 것이다. 따라서 ‘결과 해석’의 개방성도 사실상 높다고 말하기 힘들 것이다. 이에 비해 싱가포르는 탐구 결과를 해석하여 학생들이 스스로 결론을 내릴 수 있도록 적절히 안내하고 있는 활동이 다수 있다.

과학의 방법을 가르칠 때 학생들이 탐구의 전 과정에 주도적으로 참여하는 것이 필요하다는 주장은 영국의 OPENS 프로젝트(Open Work in Science Project)에서 개방적 탐구(open investigation)라는 형태로 제시되었다(황성원, 박승재, 2001). 그러나 한국 교과서 탐구 활동은 문제 제시, 실험 장치, 실험 과정이 교사에 의해 주어지고, 데이터 처리와 결과 해석 또한 교과서에서 제시하는 하나의 해답을 지향하고 있다는 것을 알 수 있었다. 학생들에게 주도권을 주어 탐구 방법을 습득하게 하고, 탐구 활동을 통한 과학 지식의 이해 및

적용을 추구하려면, 문제 제시, 실험 방법, 결과 등의 요소가 적절히 개방된 형태의 탐구가 도입되어야 할 것이다.

그림 2는 ‘사용할 실험 장치’를 학생들이 주도적으로 선택할 수 있도록 한 싱가포르 탐구 활동의 예이다. 한국의 전자석에 대한 전형적인 탐구 활동은 실험 장치와 방법이 주어져 있다. 하지만 이 활동에서 학생들은 전자석의 세기에 영향을 미칠 것으로 생각되는 세 가지 요소를 제안한 다음, 그 중에서 조별로 하나를 선택하여 그 영향을 확인하는 탐구를 수행하는 것으로 구성되어 있다. 모든 실험 장치를 자유롭게 선택하는 것이 거의 불가능한 학교 탐구 활동에서 이와 같이 자신이 선택한 주제에 적합한 실험 장치를 직접 선택하도록 하는 것은 하나의 대안이 될 수 있을 것이다.

## 2. 참 과학 탐구의 반영 정도 비교

두 나라의 탐구 활동에서 참 과학 탐구의 반영 정도를 비교하기 위하여 Chinn & Malhotra(2002)의 분석틀을 수정하여 이용하였다. 표 6은 수정된 참 과학 탐구의 요소이다. 참 과학 탐구 요소는 크게 5개의 영역으로 나눌 수 있는데, 그 중에서 두 나라의 학교 탐구 활동에 포함되어 있는 요소는 ‘연구 문제 착안’, ‘연구 설계’, ‘결과 설명’의 세 가지였고, ‘이론의 개발’과 ‘연구 보고서 고찰’은 두 나라 모두에서 발견되지 않았다. 표 7은 전체 활동 중에서 참 과학 탐구 요소를 분석한 결과이다. 전체적으로 두 나라 모두 참 과학 탐구의 요소를 포함하고 있는 활동의 수는 많지 않아 통계를 처리를 하지 않았다. 각 하위 요소별로 두 나라의 차이를 살펴보자.

### 1) 연구 문제 착안

학생들이 스스로 연구 문제를 착안하는 활동은 두 나라의 탐구 활동에 거의 포함되어 있지 않다. 이는 정규 수업 시간 중에 ‘연구 문제 착안’ 활동까지 실시하기에는 어려운 점이 많기 때문으로 판단된다. 하지만

표 6

참 과학 탐구 활동의 요소와 정의

참 과학 탐구 요소		정의
연구 문제 착안	변인 설정	학생 스스로 탐구 문제를 만들어 낸다.
연구 설계	과정 계획	학생 스스로 변인을 찾아내고 정의한다.
	변인 통제	학생 스스로 연구 문제를 설명하기 위한 방법을 고안한다.
	측정 설계	학생 스스로 변인 통제를 고려한다.
	추정 설계	독립변인과 종속변인을 다양한 방법으로 측정한다.
결과 설명	관찰 결과 변환	관찰 결과를 다른 자료의 형태로 변환한다.
	결점 찾기	자신의 결과와 다른 사람의 결과 중 어떤 것이 더 정확한지, 또 실험상의 결점에 대해 질문한다.
	간접 추론	자연 현상의 정확한 관찰과 이것에서 비롯된 인과적 의문에 대답할 수 있는 가설을 착안하고 그 가설을 검증한다.
	일반화	실험 상황과 동일하지 않은 상황으로 일반화해야 할지를 결정한다.
이론의 개발	다양한 연구의 결과들을 통합하여 새로운 이론을 개발한다.	
연구 보고서 고찰	다른 과학자들의 연구 보고서를 고찰한다.	

표 7

참 과학 탐구 요소 분석 결과

		하위 범주	한국	싱가포르
연구 설계	연구 문제 착안(활동 수)		0	2
	변인 설정		0	3
	과정 계획		1	9
	변인 통제		0	5
	측정 설계		2	6
		소계	3	23
결과 설명	관찰 결과 변환		5	2
	결점 찾기		0	0
	간접 추론		1	3
	일반화		1	5
		소계	7	10
총계			10	35

연구 문제를 스스로 찾아내는 활동은 과학적인 탐구의 핵심이라 할 수 있을 만큼 중요하다. 이에 차기 교육과정에서 제안하고 있는 ‘자유 탐구’는 학생의 주도하에 연구 문제를 착안할 기회를 제공한다는 점에서 매우 긍정적이다. 2007년 개정 교육과정에 따르면 학생들은 학교의 탐구 활동에서 문제 인식, 가설 설정, 탐구 설계 및 수행, 결과 해석 및 결론 도출 등 다양한 문제를 종합적으로 탐구하는 기회를 거의 얻지 못하고 있기 때문에 이런 문제점을 보완하기 위해 매 학년 최소한 6차시 정도로 ‘자유 탐구’를 설정(교육인적자원부, 2007) 한다고 서술되어 있다. 자유 탐구를 통해 학생들은 스스로 관심이 있는 주제를 선택하여 탐구함으로써 자기 주도적 탐구의 기회를 얻고 탐구 기능 신장과 과학에 대한 흥미를 제고할 수 있을 것이다.

‘연구 문제 착안’과 관련하여 싱가포르의 탐구 활동 중에서 시사점을 얻을 수 있는 활동으로 ‘창의적인 문제 해결(Creative problem solving)’ 활동이 있다. 이

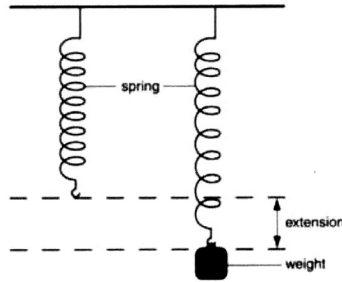
활동은 학생들이 스스로 연구 문제를 찾아내고 이를 바탕으로 탐구를 설계하여 결론을 도출하는 것을 목적으로 한 활동으로, 그림 3에 활동의 개요를 나타내었다. 이 활동은 학생들에게 용수철의 특성과 관련된 기본적인 원리를 제시한 다음, 문제 발견에서부터 결론 도출에 이르기까지 학생들이 스스로 정한 절차에 따라 탐구를 수행하도록 하고 있다. 참 과학 탐구의 많은 요소가 이 활동 속에 포함되어 있음을 알 수 있다. 이와 같이 기본 원리에서 출발하여 탐구 문제를 스스로 찾아내는 활동은 한국의 교과서 탐구 활동에서는 찾아볼 수 없는 활동으로 시사하는 바가 크다. 같은 주제로 한국의 교과서에 실려 있는 탐구 활동은 싱가포르의 활동과는 달리 요리책과 같이 주어진 절차에 따라 실험을 수행하도록 하고 있다. 이 활동은 원리가 매우 간단하기 때문에 싱가포르의 경우와 같이 기본적인 현상만 제시하고, 학생들이 그 속에서 스스로 탐구 문제를 찾고, 과정을 설계하고, 탐구를 수행하여 결과를 얻고, 이를 해석하여 결론을 내리게 하는 것을 어렵지 않게 수행할 수 있을 것이다. 같은 주제의 활동도 어떻게 구성하는가에 따라 전혀 다른 형태의 탐구 활동이 된다는 사실을 확인할 수 있었다.

그 밖에도 싱가포르의 탐구 활동에는 몇 개의 연구 문제 중에서 학생들이 그 중의 하나의 연구 문제를 선택하여 탐구 계획을 세운 다음 실행하도록 하는 활동이 있다. 예를 들어, 7학년의 열에너지의 전달 단원에서 ‘절연체와 관련된 문제 풀기’ 활동은 그림 4와 같이 두 가지 연구 문제를 제시한 다음 그 중에서 하나를 선택하도록 하고 있다. 이러한 활동은 학생들에게 하나의 주제 속에서도 다양한 연구 문제를 발견할 수 있다는



**문제 발견**

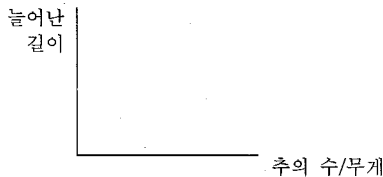
용수철에 추를 매달면 용수철이 늘어난다. 이때 용수철이 늘어난 길이를 늘어난 길이(extension)라고 한다. 무게가 달라지면 늘어난 길이도 달라질 것이다.



여기서 발견한 탐구 문제를 질문의 형태로 써라.

**계획**

- ① 무엇을 변화시키고자 하는가?
- ② 무엇을 측정하고자 하는가?
- ③ 결과 그래프는 어떻게 될 것으로 예상하는가? 자신이 생각하는 결과 그래프의 모양을 그려보자.



**방법** : 자신이 생각한 실험 과정을 써라. 그림을 그리는 것도 좋다.

**결과**

- ① 결과를 표로 나타내어라.
- ② 결과를 그래프로 그려라<sup>3)</sup>. 수평축과 수직축을 무엇으로 할지 결정해야 한다.

**결론** : 조사하고자 했던 질문에 대한 적절한 답을 결론으로 써라.

그림 3 싱가포르의 '창의적인 문제 해결'과 관련된 탐구 활동의 예

**1. 문제**

- A. 뜨거운 접시를 잡을 때는 손을 데지 않도록 오븐장갑을 사용한다. 장갑은 절연체로 만들어져 있다. 어떤 재질이 오븐장갑으로 가장 적합한지 그 물질을 찾는 탐구 계획을 세워라.
- B. 예를 들어 우리는 저녁을 먹을 때 음식물이 일정 시간 동안 식지 않도록 유지하려고 한다. 유리그릇이 어떻게 음식물을 특정 시간 동안 특정 온도 이상으로 유지하는지를 밝히는 탐구 계획을 세워라.

위의 문제 중에서 하나를 선택하여라. 선생님께 요청하면 필요한 몇 가지 준비물을 받을 수 있을 것이다.

그림 4 싱가포르의 '절연체와 관련된 문제 풀기' 활동

것을 간접적으로 이해하게 하는 계기가 될 수 있을 것이다.

**2) 연구 설계**

'연구 설계'의 하위 범주에는 학생 스스로 하는 '변인 설정', '과정 계획', '변인 통제', '측정 설계'의 네 가지가 있다. 네 가지 하위 범주 중 한국에는 '변인 설정'과 '변인 통제' 요소가 없다. 따라서 학생들은 이와 관련된 어떤 활동도 하지 않는 것으로 추정할 수 있다. 이에 비해 싱가포르에는 '변인 설정'과 관련된 활동이 3개, '변인 통제'와 관련된 활동이 5개 있었다.

변인 통제 능력은 문제 상황의 모든 요소를 고려하여, 특정 요소를 조사하는 동안 다른 요소들을 체계적

3) 탐구 활동지에 큰 그래프를 제공하여 학생들이 직접 그려볼 수 있도록 하고 있다.

으로 통제하고, 이와 동일하게 나머지 요소들을 조사하는 능력(한효순 등, 2002)으로, 학생들이 실험 수행에서 실패하는 원인의 대부분은 그 실험에 관련된 변인이 무엇인지 파악하지 못하기 때문(Germann *et al.*, 1996; 한효순 등, 2002에서 재인용)이라는 연구 결과가 있다. 또, 우리나라 중학교 1학년 학생들의 변인 판별 및 통제 능력을 조사한 결과 학생들은 변인을 판별하지 못하거나, 독립 변인과 종속 변인을 혼동하는 모습을 보였다(김재우 등, 1999). 이와 같이 한국 학생들의 변인 설정과 변인 통제 능력이 부족한 것은 교과서에 이와 관련된 탐구 활동 요소가 없는 것에서도 그 요인을 찾을 수 있을 것이다.

한편, 교과서에 제시된 탐구 활동에서 탐구 문제 및 문제 해결을 위한 실험 절차 등이 요리책처럼 하나하나 제시되어 있는 경우에는 학생들의 자발적인 탐구 활동을 저해하며 창의적 사고력을 제한할 수 있다. 과학의 발달은 새로운 아이디어의 창안에서 출발했으며, 문제를 창안하는 능력이 탐구 과정에서 매우 중요한 위치를 차지하고 있듯이 탐구를 설계하는 과정도 매우 중요하다. 이러한 관점에서 연구 설계와 관련된 적절한 요소가 고르게 배치되도록 하는 것이 중요하다고 판단된다.

### 3) 결과 설명

‘결과 설명’의 하위 요소에는 ‘관찰 결과 변환’, ‘결점 찾기’, ‘간접 추론’, ‘일반화’의 네 가지가 있다. 네 가지 하위 요소 중 ‘결점 찾기’는 두 나라 모두에 없었다. 실제 과학자들의 탐구는 복잡하고 확실하지 않기 때문에 실험 과정에서 일어날 수 있는 결점에 대해 많은 고려를 하지만, 학교 탐구 과정은 간단하고 명확하기 때문에 방법적 결점을 찾는 데는 신경을 쓰지 않기 때문이다. ‘관찰 결과 변환’ 활동은 싱가포르보다 한국에 더 많이 있으며, 이는 대부분 관찰이나 실험 결과를 표로 정리한 다음 그래프로 나타내는 활동이었다. ‘일반화’는 실제 과학자들이 하는 일반화 과정이라기보다는 단순한 상황의 일반화로 보는 것이 타당하다. 예를 들어, 전압을 몇 차례 변화시키면서 전류의 세기를 측정한 데이터를 이용하여, 그 결과를 옴의 법칙으로 정리하는 활동을 ‘일반화’로 보았으며, 이는 싱가포르가 한국보다 더 많았다. 전체적으로 ‘결과 설명’과 관련된 하위 요소에는 두 나라의 차이가 두드러지지 않았지만 한국은 관찰한 결과를 그대로 기술하는 요소가 많은 반면, 싱가포르는 관찰한 결과를 종합하여 간단한 법칙으로 정리하는 활동이 많았다. 과학의 많은 법칙들은

실험 결과를 종합하여 의미있는 결론을 도출하는 과정을 통해 만들어지므로 학생들에게 이러한 활동을 하게 하는 것은 바람직하다고 볼 수 있다.

## IV. 결론 및 시사점

두 나라 탐구 활동의 일반적인 특징을 분석한 결과 ‘탐구 활동의 목적’, ‘학생들의 사고 관련 활동’, ‘탐구의 개방성 정도’의 모든 영역에서 그 차이가 발견되었다. 탐구 활동의 목적 영역에서 한국은 내용 중심적인 활동이 많았고, 싱가포르의 과정 중심적인 활동이 많았으며, 싱가포르의 목표 영역은 한국보다 고르게 분포되어 있었다. ‘학생의 사고 관련 활동’ 영역에서 싱가포르는 한국에서는 드문 ‘예상한 것 검증하기’ 등의 활동이 다수 발견되었다. 또, ‘탐구의 개방성 정도’에서 싱가포르의 개방성은 한국보다 유의미하게 높았다.

참 과학 탐구를 반영하고 있는 정도를 분석한 결과 ‘연구 문제 착안’과 ‘연구 설계 영역’에서 두 나라의 차이가 발견되었다. ‘연구 문제 착안’ 활동에서 한국에는 학생들이 스스로 연구 문제를 착안하는 활동이 전혀 없었으나, 싱가포르에는 이러한 활동이 있었으며, ‘연구 설계 영역’에서 한국의 탐구 활동에는 없는 변인 설정, 변인 통제 활동이 싱가포르에는 있었다. 결과 설명 영역에서 두 나라의 탐구 활동에는 큰 차이가 발견되지 않았다.

본 연구 결과 다음과 같은 시사점을 얻을 수 있었다.

첫째, 교과서 탐구 활동을 구성할 때 탐구 활동의 목적, 학생의 사고 관련 활동, 탐구의 개방성 정도 등의 요소가 고르게 포함되도록 할 필요가 있으며, 특히 참 과학 탐구 요소를 적절히 반영하는 것이 필요하다. 즉, 탐구 활동의 목적이 고르게 분포되도록 하고, 사고 관련 활동을 다양하게 제시하고, 학생들에게 주도권을 주는 개방성 높은 탐구 활동에 대한 고려가 필요하다. 또, 교과서 탐구 활동에도 연구 문제 착안 활동이 가능하므로 이를 적절히 반영할 필요가 있으며, 연구 설계 영역에서 변인 설정, 변인 통제 등의 활동이 포함되도록 할 필요가 있다.

둘째, 두 나라에서 모두 발견되지 않은 참 과학 탐구에는 ‘이론의 개발’, ‘연구 보고서 고찰’ 활동이 있었다. ‘이론의 개발’은 과학자들은 항상 관심을 두는 영역이지만, 학교 탐구 수준에서는 실행하기 쉽지 않은 활동이다. 하지만 스스로 탐구 문제를 정한 다음 탐구를 수행하고, 얻은 결과를 이용하여 나름대로의 결론을 얻어 일반화시키는 과정은 학교의 탐구 활동에도 필요

하다. 또, ‘연구 보고서 고찰’ 활동을 학교의 수업 중에 실시하는 것은 쉽지 않지만 이를 과제 형식으로 제시하여 자신이 해결하고자 하는 문제의 선행 연구를 조사하도록 할 수 있을 것이다.

교과서 탐구 활동의 비교 결과 싱가포르의 탐구 활동에서 발견된 요소를 한국 상황에 적용하기 위해서는 교실에서 실제로 이루어지고 있는 탐구 수업의 관찰, 싱가포르 과학 교사와의 면담, 탐구 활동 지도 사례에 대한 연구 등의 질적 연구가 더 필요하다는 것을 제안한다.

## 국문 요약

본 연구는 한국과 싱가포르의 중학교 과학 교과서에 실린 물리 영역의 탐구 활동을 비교·분석함으로써 차기 과학과 교과서 탐구 활동 구성에 대한 시사점을 얻기 위한 목적을 지닌다. 두 나라의 교과서 탐구 활동을 탐구 활동의 일반적인 특징과 참 과학 탐구(authentic scientific inquiry)의 반영 정도라는 두 가지 측면에서 분석하였는데, 이를 위해 각각 Millar *et al.*(1998)의 탐구 활동 분석틀과 Chinn & Malhotra(2002)의 분석틀을 수정 보완하여 이용하였다. 연구 결과, 두 나라 탐구 활동의 목적, 학생의 사고 관련 활동, 과제의 개방성 정도에서 차이가 발견되었다. 탐구 활동의 목적 영역에서 한국은 내용 중심적인 활동이 많았고, 싱가포르의 과정 중심적인 활동이 많았다. 학생의 사고 관련 활동 영역에서 싱가포르에는 한국에는 드문 ‘예상한 것 검증하기’ 등의 사고 관련 활동이 있었으며, 탐구의 개방성 정도도 싱가포르가 한국보다 높았다. 두 나라의 탐구 활동에서 참 과학 탐구를 반영하고 있는 정도에도 차이가 발견되었다. 한국에는 학생들이 스스로 연구 문제를 착안하는 활동이 전혀 없었으나 싱가포르에는 이러한 활동이 있었으며, 연구 설계 항목에서 한국의 탐구 활동에는 없는 변인 설정, 변인 통제 활동이 싱가포르에는 발견되었다. 연구 결과는 교과서 탐구 활동을 구성할 때 탐구 활동의 목적, 학생의 사고 관련 활동, 과제의 개방성 정도 등의 요소가 고르게 포함되도록 할 필요가 있으며, 참 과학 탐구 요소를 적절히 반영할 필요가 있다는 것을 시사한다.

## 참고 문헌

- 교육부 (1997). 제7차 과학과 교육과정. 교육부.  
 교육인적자원부 (2007). 중학교 교육과정. 교육인적자원부.

김재우, 오원근, 박승재 (1999). 중학교 1학년 학생들의 탐구 문제에 대한 변인 판별 및 통제. 한국과학교육학회지, 19(4), 674-683.

김주훈, 김영민, 이양락, 노석구 (1991). 교육 본질 추구를 위한 과학 교육 평가체제 연구(II). 한국교육개발원.

김희경 (2003). 중학생의 동료간 논변활동을 강조한 개방적 물리 탐구: 조건, 특징, 역할을 중심으로. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.

박순경, 조덕주, 채선희, 정윤경 (1999). 교육과정·교육평가 국제비교 연구(I). 한국교육과정평가원 연구보고 RRC 99-6-1.

박효순, 조희형 (2003). 중학교 2학년 과학 교과서의 탐구 영역 분석. 한국과학교육학회지, 23(3), 239-245.

심규철, 김현섭, 박영철 (2002). 제7차 교육과정 7학년 과학 교과 생명 영역의 탐구 분석. 한국과학교육학회지, 22(3), 550-559.

유모경, 조희형 (2003). 중학교 1학년 과학 교과서의 탐구 영역 분석. 한국과학교육학회지, 23(5), 494-504.

이봉우 (2005). 외국 과학교육과정의 탐구기준 비교 분석. 한국과학교육학회지, 25(7), 873-884.

이승우 (2004). 중학교 2·3학년 교과서에 반영된 실제 과학 탐구. 서울대학교 대학원 석사학위 논문.

한효순, 최병순, 강순민, 박종운 (2002). ‘생각하는 과학’ 프로그램의 변인활동이 초등학교 학생의 변인통제 능력에 미치는 효과. 한국과학교육학회지, 22(3), 571-585.

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

황성원, 박승재 (2001). 진기와 자기에 대한 중학생들의 개방적 탐구에서 과제 유형에 따른 탐구 수행 분석. 한국과학교육학회지, 21(2), 255-263.

Chinn, C. A. & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86, 175-218.

Germann, P. J., Aram, R., & Burke, G. (1996). Identify patterns and relationships among the responses of seventh-grade students to the science process skill of designing experiments. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 79-99.

Guthrie, J. T. (1981). Forms and functions of textbooks. *Journal of Reading*, March, 554-556.

Heyworth, R. M. (2004a). Explore your world with science discovery1, Pearson Education South Asia Pte Ltd.

Heyworth, R. M. (2004b). Explore your world with science discovery2, Pearson Education South Asia Pte Ltd.

Millar, R., Le Maréchal, J-F. & Tiberghien, A. (1998). A map of the variety of labwork. Working Paper 1 from the European project: Labwork in Science Education.

Ministry of Education (2001a). Curriculum planning & development division. Science Syllabus, Lower Secondary. Ministry of Education in Singapore.

Ministry of Education (2001b). Curriculum planning & development division. Science Syllabus, Primary. Ministry

of Education in Singapore.

Ministry of Education (2006). Nurturing every child, flexibility & diversity in Singapore schools. Ministry of Education in Singapore.