

우리나라, 싱가포르, 대만의 과학 교과서 비교 연구 - 생명 영역을 중심으로 -

김미영* · 김경희
한국교육과정평가원

A Comparative Study of Science Textbooks in Korea, Singapore, and Taiwan - Focus on the field of Biology -

Mi-young Kim* · Kyung-hee Kim
Korea Institute for Curriculum and Evaluation

Abstract: This study analyzed the characteristics of organization scheme and the levels of core concepts in science textbooks used in Korea, Singapore, and Taiwan, which have shown superior achievement according to the TIMSS 2007. Science textbooks in Korea clearly divide the fields of Energy, Matter, Biology, and Earth, presenting the fields in nearly equal proportion in each grade. In the case of Singapore, science textbooks take an integrated content approach, combining concepts from several fields under a single theme. Science textbooks in Taiwan present a single content field in each unit. Also, because each grade engages in a specific field intensively, there are many cases in which concepts related to a single field are studied in a single grade. In view of levels of core concepts, Singapore or Taiwan showed higher achievement than Korea in themes of ‘Cell and their Functions’, ‘Ecosystems’, and ‘Human Health’ under the TIMSS 2007 biology field. Singapore introduces core concepts for these themes in lower grades compared to Korea and presents them repeatedly in several grades. In Taiwan, there are many cases in which these core concepts are taught only once during the course of 3rd to 8th grade, but the explanations are presented at a level that is suitable to TIMSS 2007 assessment objectives. Considering the results of this analysis, there is a need to reconsider the division of content fields and methods of presenting core concepts in the science textbooks of Korea.

Key words: Science textbooks, TIMSS 2007 assessment objectives, Cell and their function, Ecosystem, Human health

I. 서 론

현대 사회는 과학과 기술의 발달로 그 지식의 양이 급속히 증가하고 있으며, 과학 기술의 발달은 교육 분야를 넘어 한 국가의 발전과 미래를 좌우하는 중요한 영역이 되었다. 특히, 과학 기술 문명이 주도하게 될 미래 지식 기반 사회에서 과학 인재를 양성해 낼 수 있는 과학과 교육 과정의 목표 및 내용 구성에 대한 중요성이 더욱 강조되고 있다(이병홍 등, 2006). 이에 따라 세계 각 국에서는 과학 교육의 개선과 효과적인 교육과정 연구를 통해 과학 교육의 발전을 위해 노력하고 있다. 이러한 과학 교육의 개선과 질 향상은 과

학 교육과정에 있으며, 교육 과정이 구체적으로 실현된 것이 교과서라 할 수 있다(심소진, 최영준, 2005). 또한 교과서는 학습 내용을 제시하고, 학습 자료를 통해 학생의 학습 동기를 유발시키기도 하며, 학생에게 학습 내용을 구조화시키는 역할도 한다. 따라서 교과서는 교과학습의 내용과 방법을 규정하고 결정하는 가장 중요한 자료 중 하나라고 할 수 있다(정충덕 등, 2007). 특히, 우리나라는 교육과정에서 교과서가 큰 비중을 차지하고 있으며, 학교 수업의 대부분은 주 교재인 교과서를 중심으로 이루어지고 있다(정완호, 1995; 함수근, 1995).

한편, 학생들의 학업성취도는 국가 수준에서 의도

*교신저자: 김미영(kmy8410@kice.re.kr)

**2010.03.04(접수) 2010.03.31(1심통과) 2010.04.30(2심통과) 2010.05.08(최종통과)

***본 논문은 2009년도 한국교육과정평가원의 연구 보고서인 ‘PISA와 TIMSS 상위국과 우리나라의 교육과정 및 성취 특성 비교 분석’의 일부 내용을 수정 보완한 것임.

된 교육과정이 학교와 교실 맥락에서 실행된 결과로서의 정보를 제공한다고 할 수 있다. 수학·과학 성취도 추이변화 국제비교 연구(Trends in International Mathematics and Science Study: 이하 TIMSS)는 국제 교육 성취도 평가협회가 주관하는 국제학업 성취도 평가 연구로써 연구 참여국들의 교육과정에 기초하여 수학과 과학 성취도 변화 추이를 국제적인 수준에서 비교하고 있다. TIMSS는 4학년과 8학년 학생을 대상으로 1993년부터 4년을 주기로 시행되고 있으며, TIMSS 1995에는 40개국, TIMSS 1999에는 38개국, TIMSS 2003에는 46개국, TIMSS 2007에는 약 60개국이 참여하였다. 싱가포르는 TIMSS 1999에서 과학 2위, TIMSS 2003에서 과학 1위, TIMSS 2007에서 과학 1위의 국제 순위를 차지해 최상위 성취 수준을 보여주었다. 대만 또한 TIMSS 1999에서 과학 1위, TIMSS 2003에서 과학 2위, TIMSS 2007에서 과학 2위를 차지하였고, 우리나라는 TIMSS 1999에서 과학 5위, TIMSS 2003에서 과학 3위, TIMSS 2007에서 과학 4위를 차지하였다. 따라서 우리나라, 싱가포르, 대만은 TIMSS 2007 과학 영역에서 국제적으로 가장 우수한 수준에 있는 국가라 할 수 있다(김경희 등, 2008; 박정 등, 2004).

TIMSS의 평가틀은 교육과정에 기반하고 있기 때문에 각 국의 교육과정의 타당성을 점검할 수 있으며, 수학 및 과학 교육의 변화를 파악할 수 있는 중요한 기반이 된다. 이 평가틀은 각 국의 교육과정으로부터 공통된 요소를 추출하여 구성되며, 내용 영역과 인지 영역으로 구분되어 있다. 과학의 내용 영역은 4학년의 경우 생명 과학, 물상 과학, 지구과학으로 나뉘어 있고, 8학년은 생물, 화학, 물리, 지구과학으로 구분된다. 학년별로 내용 영역의 구분이 다른 것은 각 학년에서 가르쳐지는 과학의 본성과 난이도를 고려했기 때문이다(김경희 외, 2007). 또한 TIMSS 연구는 매 주기마다 평가틀을 보완함으로써 TIMSS 참여국들이 평가틀을 검토하여 각국의 의견을 개진할 수 있는 기회를 제공함과 동시에 수학·과학 교육의 변화를 반영하고 개선하도록 이끄는 역할을 하고 있다. 따라서 TIMSS 결과를 바탕으로 학생들의 성취 수준이 우리나라보다 상위에 있는 국가들의 과학 교육과정 및 교과서의 구성 체제와 내용 전개를 TIMSS 평가틀에 근거하여 분석하는 것은 우리나라 과학 교육과정의 개선 및 교과서의 문제점을 진단하고 향후 이를 개선하

는데 중요한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

이미 선행 연구들에서 국제 학업성취도 결과와 교육과정의 관련성 및 국내의 교과서 비교에 관한 연구는 이루어져 왔다(박운배, 1998; 심소진, 최영준, 2005; 홍미영 등, 2006; Kim, 2001). 유준희(2001)는 TIMSS -R(제 3차 수학·과학성취도 국제비교 반복연구) 결과로부터 우리나라 학생들의 물리 영역 성취를 국제 수준에서 비교하고, 이에 근거하여 한국의 제6차와 제7차 교육과정의 물리 영역을 분석하여 교육과정 개정 시 필요한 기초 자료를 제시하였다. 이후 정은영(2005)은 TIMSS 2003에서 우리나라 중학생들의 생물 영역의 성취도 결과를 주제별, 문항 유형별, 인지 영역별로 분석하여 우리나라 생물 교육과정과 교수·학습에 대한 시사점을 제시하였다. 그러나 TIMSS 2007이 적용된 제7차 교육과정에서 사용된 교과서를 중심으로 국가 간에 비교한 연구는 거의 없으며, 싱가포르나 대만 교과서의 구성과 내용 전개 특징을 심층 분석한 연구도 없었다. 또한 TIMSS 평가목표별로 각 주제들이 교과서에서 어떻게 다루어져 있는지 구체적으로 분석한 자료는 없었다.

본 연구에서는 TIMSS 2007의 결과 우수한 성취를 보이고 있는 싱가포르, 대만과 우리나라의 과학 교과서에서 생명 영역을 중심으로 교과서의 구성 체제와 핵심 개념의 제시 방식을 비교하여 향후 교육과정의 개정 방향과 교과서 구성에 대한 시사점을 얻고자 하였다. 이를 위한 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- 1) 우리나라, 싱가포르, 대만 세 국가의 과학 교과서 구성 체제는 각각 어떤 특징을 나타내는가?
- 2) TIMSS 2007 결과, 생명 영역에서 우리나라가 싱가포르나 대만보다 성취도가 낮게 나온 주제의 핵심 개념들을 각 국의 교과서에서 어떻게 다루고 있는가?

II. 연구 방법

1. 분석대상

교과서 비교 연구에서는 분석 대상이 되는 교과서 선정이 매우 중요하다. 본 연구에서는 우리나라, 싱가포르, 대만의 각 국에서 가장 많이 사용되고 있는 교과서를 선정하였다. TIMSS 2007 결과에 근거하였으므로 우리나라는 1997년 이후 7차 교육과정에서 발행

된 교과서를 사용하였고, 싱가포르는 2001년 교육과정 이 개편된 이후 발행된 2004년 교과서를 분석하였다. 대만의 경우 최근 10년간 교육과정의 개정이 실시되지 않았으므로 1997년 초판이 나온 이후 계속 증판되어 2008년, 2009년에 발행한 교과서를 분석하였다. 2000년대 초반에 발행된 교과서는 학년별로 상·하권을 모두 갖추기가 어려웠기 때문에, 개정되지 않고 계속 발행된 최근 교과서를 구입하여 분석하였다. 분석에 사용한 자료는 우리나라는 초등학교의 경우 과학 교과서와 실험 관찰, 중학교는 별도의 워크북이 없으므로 과학 교과서만을 대상으로 하였고, 싱가포르는 초등학교와 중학교 모두 과학 교과서(Textbook)와 워크북(Workbook)을 분석하였다. 대만의 경우는 초등학교와 중학교 모두 워크북이 없어 과학 교과서만을 대상으로 하였다(표 1).

TIMSS 2007의 배경변인 분석 결과에 따르면, 이들 국가의 과학 수업에서 교사가 교과서를 사용하는 정도는 다른 나라에 비해 높게 나타났다(Martin *et al.*, 2008). 8학년의 경우, 대만 75%, 우리나라 73%로 국제 평균 53%보다 높은 비율로 나타났으며, 싱가포르는 주교재로의 채택율이 44%이고 부교재로의 채택율이 41%로, 주교재나 부교재로 사용하는 것을 합하면 85%로 높은 비율을 유지하고 있다. 따라서 이들 국가에서는 교과서가 과학 수업에서 가장 중요한 교재라고 볼 수 있다.

2. 교과서 분석 방법

1) 세 국가의 과학 교과서 구성 체제 분석

세 국가의 과학 교과서 구성 체제를 분석하기 위하

여 초등학교 및 중학교 과학 교과서의 단원 구성을 비교하였다. 각 학년별 과학 교과서에서 단원명을 제시하였고, 이와 함께 에너지, 물질, 생명, 지구의 각 내용 영역별로 단원의 수를 비교하여 학년별로 각 내용 영역의 비중을 분석하였다. 또한 내용 영역별로 각 단원이 독립적으로 제시되었는지, 내용 영역과 상관없이 주제별로 단원이 통합되어 제시되어 있는지를 알아보았다. 분석 과정에서 과학교육 전문가 4명이 서로 교차 분석하여 수정 보완하였다.

2) 과학 교과서에서 TIMSS 2007 생물 영역 핵심 개념들의 제시 방식 비교

TIMSS 2007의 생물 영역¹⁾은 6가지 주제로 구분되며 각 주제는 생물체의 구조, 기능과 생명 활동; 세포와 그 기능; 생활사, 생식과 유전; 다양성, 적응과 자연 선택; 생태계; 건강 등이다. TIMSS 2007의 생물 영역에서는 싱가포르의 성취가 가장 우수하였고, 대만이 2위, 우리나라가 3위였다. 생물 영역에서의 성취가 1,2,3위에 해당하는 싱가포르, 대만, 우리나라 학생들의 주제별 성취를 비교한 결과는 표 2와 같다(Martin *et al.*, 2008).

표 2에서 TIMSS 2007 생물 영역의 주제별 평가 목표 중 우리나라가 싱가포르나 대만보다 성취가 낮은 주제들은 '세포와 그 기능', '생태계', '건강'이었다. 이 주제에 해당하는 평가 목표에서 중요한 핵심 개념을 뽑은 후 각 핵심 개념들이 어느 학년에서 어떤 수준으로 다루어지는지 분석하였다. 분석 과정에서 교과서에 핵심 개념이 제시되어 있는 수준을 '미흡', '적

표 1 국가별 분석 대상 교과서

국가	학교급	출판사	교과서	실험 책
우리나라	초등학교	교육인적자원부	과학 3,4,5,6	실험관찰 3,4,5,6
	중학교	(주) 지학사	과학 1,2	없음
싱가포르	초등학교	Panpac Education Private Ltd.	i · Science 3, 4, 5, 6	Workbook 3,4,5,6
	중학교	Pearson Education South Asia Pte Ltd.	Explore your world with science discovery 1,2	Workbook 1,2
대만	초등학교	한림출판사	國民小學 自然與生活科技 3, 4, 5, 6	없음
	중학교	한림출판사	國民中學 自然與生活科技 1, 2	없음

1) TIMSS 2007에서 8학년 평가들의 내용 영역은 생물, 화학, 물리, 지구과학으로 구분되며, 우리나라는 TIMSS 2007에 8학년만 참가하였으므로 여기서는 8학년의 평가 목표만 다루었다.

표 2
생명 영역의 주제별 정답률 비교

주제	국가			국제평균
	대한민국	싱가포르	대만	
생물체의 구조, 기능과 생명 과정	67.1	61.5***	64.0***	47.2***
세포와 그 기능	58.1	62.9***	59.5	42.0***
생활사, 생식과 유전	58.1	53.6***	55.9*	33.2***
다양성, 적응과 자연선택	66.0	49.0***	66.3	41.3***
생태계	56.4	63.6***	59.6***	41.3***
건강	69.7	59.3***	73.2**	55.5***
전체	59.1	60.4**	59.9	41.9***

※ 우리나라와 각 국가 및 국제 수준의 정답률 차이를 통계적으로 검증한 것임.
* p<.05 ** p<.01 ***p<.001

합', '심화'의 3단계로 구분하였다. '미흡'은 평가 목표의 핵심 개념을 도입하나 구체적인 개념이나 용어를 설명하지 않는 경우이고, '적합'은 평가 목표의 핵심 개념들을 8학년에서 적합한 수준으로 설명한 경우이다. 마지막으로 '심화'는 평가 목표의 핵심 개념들을 8학년 수준 이상으로 심화하여 설명한 경우에 해당한다.

각 내용 영역별로 4인의 과학 교육 전공자가 각자의 판단에 따라 제시 수준을 분석한 다음, 그 후 다른 영역을 교차 분석하여 수정 보완하였다²⁾. 또한 교과서 분석 내용 전체를 연구팀 이외의 외부 과학교육 전공자 3인에게 검증하여 그 타당성을 확인하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 우리나라, 싱가포르, 대만의 과학 교과서 구성 체제 비교

먼저 우리나라, 싱가포르, 대만의 과학 교과서 구성 체제를 살펴보기 위하여 각 국가의 교과서 3학년부터 8학년까지의 단원 구성을 비교하고 내용 전개의 특성을 분석하였다.

1) 과학 교과서에 제시된 3~8학년의 단원 구성

표 3은 세 국가의 초등학교 과학 교과서에 제시된 3~6학년의 단원 구성을 나타낸 것이다. 표 4를 보면, 우리나라 초등학교 과학 교과서는 에너지, 물질, 생

명, 지구의 각 내용 영역별로 3~4개의 단원으로 구성되며, 학년별로 각 내용 영역이 20.0~33.3%의 비율로 비교적 고르게 제시되어 있다. 이와 비교하여 싱가포르의 경우 3학년에서는 생명 영역이 71.4%를 차지하였고, 지구 영역은 한 단원도 제시되지 않았다. 4학년에서는 에너지, 물질, 생명의 거의 동일한 비율로 제시되었고, 5학년에서는 생명, 에너지, 지구 영역 순으로 비중이 낮아졌고, 물질 영역은 없었다. 6학년에서는 생명 영역이 50.0%, 에너지 영역이 25.0%, 물질과 지구 영역이 각각 12.5%의 비중을 차지하고 있다. 대만의 경우도 학년별로 각 내용 영역의 비중이 서로 다르게 제시되어 있다. 3학년에서는 생명 영역이 가장 높고, 4학년에서는 에너지 영역이 가장 높으며, 5학년에서는 물질과 지구 영역이 각각 37.5%, 에너지와 생명 영역이 각각 12.5%의 비율을 나타냈다. 6학년에서는 에너지가 50.0%로 가장 높았고, 그 다음 생명 영역이 33.3%, 물질 영역이 16.7%로 제시되었고, 지구 영역은 한 단원도 제시되지 않았다. 이처럼 싱가포르나 대만의 과학 교과서는 각 내용 영역의 비중이 동일하게 제시되지 않고, 학년별로 특정 내용 영역을 강조하는 구성 체제를 보여주고 있다.

또한 싱가포르의 초등 교과서는 '다양성', '순환', '계', '상호작용', '에너지' 등 5가지 주제로 구분되며, 각 주제별로 에너지, 물질, 생명, 지구의 내용 영역과는 상관없이 여러 내용 영역이 통합적으로 제시되고 있다. 예를 들어, 싱가포르의 3학년에 제시된 '다양성' 주제에는 물질 영역에 해당하는 '물질의 세

2) 이 논문은 한국교육과정평가원의 'PISA와 TIMSS 상위국가와 우리나라의 교육과정 및 성취 특성 비교 분석' 연구의 일부분이다(김경희 외, 2009). 세 국가의 교과서 분석 과정은 생물, 화학, 물리, 지구과학의 내용 영역에 대하여 각 영역 전공자가 각각 교과서를 분석한 다음, 타 내용 영역을 교차 분석하는 것으로 진행하였고, 이 논문에서는 그 중 생명 영역의 교과서 분석 내용을 중심으로 논의한다.

표 3
초등학교 과학 교과서에 제시된 3~6학년의 단원 구성

국가	학년	3	4	5	6			
우리 나라	3-1	<ul style="list-style-type: none"> · 우리 주위의 물질 · 자석놀이 · 소중한 공기 · 온도재기 · 날씨와 우리 생활 · 물에 사는 생물 · 초파리의 한살이 · 흙을 나르는 물 	4-1	<ul style="list-style-type: none"> · 수평잡기 · 우리 생활과 액체 · 진구에 불 켜기 · 강낭콩 · 혼합물 분리하기 · 식물의 뿌리 · 강과 바다 · 별자리를 찾아서 	5-1	<ul style="list-style-type: none"> · 거울과 렌즈 · 용해와 용액 · 기온과 바람 · 물체의 속력 · 꽃 · 용액의 진하기 · 식물의 잎과 하는 일 · 물의 여행 · 작은 생물 	6-1	<ul style="list-style-type: none"> · 기체의 성질 · 지진 · 우리 몸의 생김새 · 여러 가지 암석 · 주변의 생물 · 여러 가지 기체 · 전자석
	3-2	<ul style="list-style-type: none"> · 식물의 잎과 줄기 · 빛의 나아감 · 지구와 달 · 여러 가지 가루 녹이기 · 여러 가지 돌과 흙 · 소리내기 · 섞여 있는 알갱이의 분리 	4-2	<ul style="list-style-type: none"> · 동물의 생김새 · 동물의 압수 · 지층을 찾아서 · 열에 의한 물체의 부피 변화 · 용수철 늘이기 · 모습을 바꾸는 물 · 열의 이동과 우리 생활 	5-2	<ul style="list-style-type: none"> · 환경과 생물 · 용액의 성질 · 열매 · 화산과 암석 · 용액의 반응 · 전기 회로 꾸미기 · 태양의 가족 · 에너지 	6-2	<ul style="list-style-type: none"> · 물속에서의 무게와 압력 · 일기 예보 · 쾌적한 환경 · 계절의 변화 · 연소와 소화 · 편리한 도구
싱가 포르	(1) 다양성	<ul style="list-style-type: none"> · 생물과 무생물 · 생물의 다양성 · 물질의 세계 	(1) 순환	<ul style="list-style-type: none"> · 물질 · 물 	(1) 순환	<ul style="list-style-type: none"> · 태양계 · 세포와 생명체 · 동물의 생식 · 식물의 생식 	(1) 다양성	<ul style="list-style-type: none"> · 생물체의 분류 · 물질의 분류
	(2) 순환	<ul style="list-style-type: none"> · 생물의 한살이 	(2) 계	<ul style="list-style-type: none"> · 호흡과 호흡계 · 운반과 순환계 	(2) 상호작용	<ul style="list-style-type: none"> · 힘과 간단한 기계 	(2) 에너지	<ul style="list-style-type: none"> · 에너지의 형태와 보존
대만	(3) 계	<ul style="list-style-type: none"> · 생물의 구성 단계 · 우리 몸의 기관 	(3)에너지	<ul style="list-style-type: none"> · 에너지와 빛 · 열 	(3) 계	<ul style="list-style-type: none"> · 전기적 장치 	(3) 상호작용	<ul style="list-style-type: none"> · 힘 · 환경의 영향 · 생명의 그물 · 적응 · 인간과 환경
	(4) 상호작용	<ul style="list-style-type: none"> · 자석 			(4) 에너지	<ul style="list-style-type: none"> · 광합성과 호흡 		
	3-상	<ul style="list-style-type: none"> · 식물의 신체 · 신비한 자석 · 공기와 바람 · 용해 	4-상	<ul style="list-style-type: none"> · 달 · 물속의 생물 · 에너지와 운송 수단 · 전구가 밝아진다 	5-상	<ul style="list-style-type: none"> · 태양 · 다양각색의 생물 · 열 · 수용액 	6-상	<ul style="list-style-type: none"> · 간단한 기계 · 물질의 변화 · 생물과 환경
	3-하	<ul style="list-style-type: none"> · 흙에 채소 심기 · 물의 변화 · 동물 알아보기 · 생활과 날씨 	4-하	<ul style="list-style-type: none"> · 재미있는 힘 · 형형색색의 곤충 · 물의 신비한 현상 · 빛의 세계 	5-하	<ul style="list-style-type: none"> · 별 · 풍기와 연소 · 녹 방지와 식품 보존 · 지표의 변화 	6-하	<ul style="list-style-type: none"> · 생활 속의 힘 · 간단한 기계 · 생물, 환경 그리고 자연 자원

계)와 생명 영역에 해당하는 '생물과 무생물', '생물의 다양성'이 포함된다. 또 5학년의 '순환' 주제에는 '태양계', '세포와 생명체', '식물과 동물의 생식' 등 지구와 생명 영역의 단원이 함께 포함되어 있다. 6학년에 제시된 '상호작용'이라는 주제는 물리 영역에 해당하는 '힘'과 생물 영역 해당하는 '환경의 영향', '생명의 그물', '인간과 환경' 등에 대한 내용을 함께

포함하고 있다. 한편, 초등 3학년 과정은 '물질의 세계'와 '자석' 단원을 제외하고는 모두 생명 영역으로 구성되어 있어, 저학년에서는 주로 생명 영역에 많은 비중을 두고 있음을 알 수 있다. 이는 TIMSS 2007 4학년 및 8학년 평가틀³⁾의 내용 영역 중 생명 영역의 비율이 가장 높은 것을 고려할 때 더 적합한 구성 체제라 할 수 있다(Martin et al., 2008).

3) TIMSS 2007 평가틀에서 각 내용 영역의 비율은 다음과 같다. 4학년은 생명과학 45%, 물상과학 35%, 지구과학 20%로 구성되며, 8학년은 생물 35%, 화학 20%, 물리 25%, 지구과학 20%로 구성되어 있다.

표 4
초등학교 과학 교과서 내용 영역별 단위 비중

국가	학년	내용 영역별 단위 비중 (%)*			
		3학년	4학년	5학년	6학년
우리나라	에너지 (20.0)	에너지 (26.7)	에너지 (23.5)	에너지 (23.1)	
	물질 (26.7)	물질 (26.7)	물질 (23.5)	물질 (23.1)	
	생명 (20.0)	생명 (26.6)	생명 (29.5)	생명 (23.1)	
	지구 (33.3)	지구 (20.0)	지구 (23.5)	지구 (30.7)	
싱가포르	에너지 (14.3)	에너지 (33.4)	에너지 (28.6)	에너지 (25.0)	
	물질 (14.3)	물질 (33.3)	물질 (0.0)	물질 (12.5)	
	생명 (71.4)	생명 (33.3)	생명 (57.1)	생명 (50.0)	
	지구 (0.0)	지구 (0.0)	지구 (14.3)	지구 (12.5)	
대만	에너지 (12.5)	에너지 (50.0)	에너지 (12.5)	에너지 (50.0)	
	물질 (25.0)	물질 (12.5)	물질 (37.5)	물질 (16.7)	
	생명 (37.5)	생명 (25.0)	생명 (12.5)	생명 (33.3)	
	지구 (25.0)	지구 (12.5)	지구 (37.5)	지구 (0.0)	

* 단위 비중은 각 학년에서 내용 영역별 단위의 수를 전체 단위의 수로 나눈 것이다. TIMSS 평가들의 내용 영역은 생물, 물리, 화학, 지구과학으로 구분되지만, 우리나라의 경우 생명, 에너지, 물질, 지구로 구분되므로 우리나라의 내용 영역 명칭을 기준으로 하여 분석하였다.

대만 초등학교 교과서의 단위 구성을 살펴보면, 우리나라와 같이 한 단원에 각각 한 영역의 내용을 포함하고 있다. 하지만 학년별로 특정 내용 영역을 집중적으로 다루고 있어 한 영역에 관련되는 개념을 한 학년에서 동시에 학습하게 되므로 학생들이 효율적으로 학습할 수 있는 장점이 있다. 예를 들어 3학년에는 생명 영역이, 4학년에는 에너지 영역이, 5학년에는 물질 영역과 지구 영역이, 6학년에는 에너지 영역의 비중이 특히 높게 제시되어 있음을 알 수 있다.

다음의 표 5는 세 국가의 중학교 과학 교과서에 제시된 7~8학년의 단위 구성을 나타낸 것이다. 표 6에서와 같이 우리나라 중학교 과학 교과서의 각 내용 영역별 비중은 7학년과 8학년 모두 각각 25.0%로 동일하게 제시되어 있다. 7학년의 경우 4개의 내용 영역별로 각각 3개 단원으로 구성되고, 8학년의 경우 4개의 내용 영역별로 각 2개의 단원으로 구성되어 있다. 또한 학년이 높아질수록 현상보다는 개념을 중시하여 주제의 수는 점점 감소하나 주제의 범위가 커지도록 구성되어 있다. 초등 교과서에서와 같이 중학교 교과서도 에너지, 물질, 생명, 지구 영역을 뚜렷하게 구분하여 제시하고 있다. 즉 여러 영역에 관련된 개념들을 주제 통합적으로 제시하지 않고, 각 영역의 관련 개념들 중 해당하는 개념들만 부분적으로 다루고 있다. 이런 단위 구성 방식은 어떤 주제의 관련 개념들을 통합적으로 이해하는 것을 저해할 가능성이 있다.

이와 비교하여 싱가포르의 경우는 학년별로 각 내용 영역의 비중이 서로 다르게 제시되어 있으며, 특별히 탐구 영역이 별도로 제시되어 있다. 7학년은 에너지 영역의 비율이 31.3%로 가장 높고, 물질과 생명 영역은 각각 25.0%이며, 지구 영역은 없었고, 탐구 영역이 18.7%로 제시되어 있다. 8학년은 생명 영역이 46.6%로 가장 높았고, 그 다음 에너지, 물질, 탐구 순으로 낮아졌으며, 지구 영역은 없었다. 또한 싱가포르의 중학교 과학 교과서는 '탐구로서의 과학', '측정', '다양성', '모형과 계', '상호작용', '에너지'의 6가지 주제로 구분된다. 7학년에는 6개 주제별로 1~4개의 단원이, 8학년에는 5개 주제별로 1~5개의 단원이 포함되어 우리나라에 비해 단원이 더 세분화되어 있다. 또한 한 주제 안에 여러 영역의 내용을 포함한 내용 통합적인 접근을 취하고 있는 점이 특징이다. 예를 들어, '탐구로서의 과학'에는 '과학의 세계', '과학적 문제해결' 단원이 포함되어 있어 STS와 관련된 내용 및 과학적 태도와 탐구 능력을 별도의 단원에서 가르치고 있음을 알 수 있다. 또 7학년의 '다양성' 주제에는 '물질의 분류', '식물과 동물의 분류', '원소와 화합물', '혼합물', '용액과 현탁액' 등의 단원이 포함된다. 8학년의 '상호작용' 주제에는 '화학 변화', '소리', '개체군, 군집, 생태계', '생태계의 에너지 흐름' 등이 포함되어 있는 특성을 보여준다.

마지막으로 대만의 경우는 학년별로 특정 내용 영

표 5
중학교 과학 교과서에 제시된 7학년과 8학년의 단원 구성

학년	7학년	8학년
우리 나라	(1) 에너지 · 빛 / · 힘 / · 파동 (2) 물질 · 물체의 세 가지 상태 · 분자의 운동 · 상태 변화와 에너지 (3) 생명 · 생물의 구성 · 소화와 순환 · 호흡과 배설 (4) 지구 · 지구의 구조 · 지각의 물질 · 해수의 성분과 운동	(1) 에너지 · 여러 가지 운동 · 전기 (2) 물질 · 물질의 특성 · 혼합물의 분리 (3) 생명 · 식물의 구조와 기능 · 자극과 반응 (4) 지구 · 지구와 별 · 지구의 역사와 지각 변동
싱가 포르	(1) 탐구로서의 과학 · 과학의 세계 (2) 측정 · 측정 도구의 사용 / · 물리량과 단위 (3) 다양성 · 물질의 분류 · 식물과 동물의 분류 · 원소, 화합물 / · 혼합물 · 용액과 현탁액 (4) 모형과 계 · 세포에서 생명체까지 (5) 에너지 · 에너지의 근원과 저장 · 광합성과 호흡 (6) 상호작용 · 힘과 압력 / · 힘과 일 · 열의 효과 / · 열의 전달 · 생명 활동과 남용	(1) 탐구로서의 과학 · 과학적 문제해결 (2) 모형과 계 · 물질의 입자 모형 · 원자, 분자, 이온 · 동물에서의 소화 · 유기체 내에서의 운반 · 사람의 생식 / · 성 관련 문제 (3) 에너지 · 빛과 색깔 / · 전기 · 가정에서의 전기 사용 (4) 상호작용 · 화학 변화 · 소리 · 개체군, 군집, 생태계 · 생태계의 에너지 흐름 (5) 순환 · 생태계에서의 물질의 순환
대 만	중1 상 · 과학적 탐구와 생명 세계 · 생명체의 구성 · 생물체의 영양 · 생물의 운반 작용 · 생물의 협동작용 · 생물체의 항상성 · 과학기술과 문명 · 문제 해결과 자원 운용 중1 하 · 생식 / · 유전 / · 진화 · 형형색색의 생물 · 생물과 환경 · 환경보호와 생태평형 · 정보과학 개론 · 정보과학 기술의 함의	중2 상 · 실험과 과학 개념 · 물과 공기 · 파장과 소리 · 빛 / 그림자와 색 · 온도와 열 · 물질의 기본 구조 · 제조과학기술 개론 · 제품의 제조와 판매 중2 하 · 원자와 화학 반응 / · 산화와 환원 · 전해질과 산/알칼리 염 · 화학 반응의 속도 · 일상생활의 유기물 · 힘/압력과 부력 · 건축과학기술 개론 · 주거 환경과 설비

역이 강조되어 제시되어 있다. 7학년에서는 생명 영역이 75.0%로 제시되어 있으며, 에너지, 물질, 지구 영역은 한 단원도 제시되지 않았고, 과학 기술과 정보

관련 단원이 25.0%로 구성되어 있었다. 정보와 관련된 내용은 주로 전기가 공급되는 과정과 컴퓨터의 구조 및 컴퓨터의 활용 등과 관련된 내용을 다루고 있었

표 6
중학교 과학 교과서 내용 영역별 단위 비중

국가	학년	내용 영역별 단위 비중 (%)*	
		7학년	8학년
우리나라		에너지 (25.0)	에너지 (25.0)
		물질 (25.0)	물질 (25.0)
		생명 (25.0)	생명 (25.0)
		지구 (25.0)	지구 (25.0)
싱가포르		에너지 (31.3)	에너지 (26.7)
		물질 (25.0)	물질 (20.0)
		생명 (25.0)	생명 (46.6)
		지구 (0.0)	지구 (0.0)
		탐구 (18.7)	탐구 (6.7)
대만		에너지 (0.0)	에너지 (25.0)
		물질 (0.0)	물질 (50.5)
		생명 (75.0)	생명 (0.0)
		지구 (0.0)	지구 (0.0)
		과학기술 및 정보 (25.0)	제조기술 및 건축 (25.0)

*단위 비중은 각 학년에서 내용 영역별 단위의 수를 전체 단위의 수로 나눈 것이다.

다. 8학년에서는 물질 영역이 50.0%, 에너지 영역이 25.0%로 제시되고, 생명과 지구 영역은 없었으며, 제조 과학 기술과 건축 관련 내용이 25.0%로 제시되어 있었다. 따라서 초등 과학 교과서와 마찬가지로 한 학년에서 특정 내용 영역을 집중적으로 다루고 있어 학생들이 동일한 영역에 관련되는 개념을 효율적으로 학습할 수 있을 것이다.

2) 과학 교과서 내용 전개 특성

다음에서는 세 국가의 과학 교과서에서 내용 전개의 특성을 비교하였다. 우리나라의 경우, 초등학교 교과서에서는 동일한 개념을 여러 학년에서 반복하여 다루고 있지만, 개념들을 단편적으로 제시할 뿐, 그 개념이나 용어를 TIMSS 평가 목표에 적합한 수준으로 설명하지 않는 경우가 많다. 또한 대부분의 내용이 활동 중심으로 구성되어 활동 과정과 질문만 제시되어 있는 경우가 많다. 중학교 과학도 탐구 활동이 많이 제시되어 있으나, 그 활동을 주요 개념들과 관련짓는 설명이 부족하거나 제시되지 않은 경우가 많아 학생들이 해당 개념을 이해하는데 적절한 도움을 주지 못하고 있다. 한편 교과서에 제시된 개념 용어들 중 많은 것이 한자어인 경우가 많아 학생들이 그 용어를 이해하는데 어려움을 겪기도 한다.

싱가포르의 경우는 세 국가 중 학습자 중심의 내용 전개를 가장 잘 보여주고 있다. 학생들이 교과서를 읽는 것만으로도 주요 개념을 이해할 수 있도록 상세하

고 구체적으로 기술되어 있으며, 각 주제별로 개념도를 사용하여 배운 내용을 요약·정리하고 있다. 그리고 별도의 워크북이 있어 관찰/실험 결과를 기록하고 설명하며, 경우에 따라서 가설 세우기, 필요한 자료 찾기, 실험 과정 설계하기, 관찰/실험하여 결론 도출하기 등을 학생들이 직접 기록하게 함으로써 탐구 과정을 잘 훈련할 수 있게 구성되어 있다. 또한 TIMSS 2007 평가목표의 핵심 개념들을 동일 학년에서 함께 다루는 경우가 많고, 동일한 개념이라도 서로 관련 있는 주제는 다른 단원에서 반복하여 다루고 있어 학생들이 연계된 개념들을 포괄적으로 이해할 수 있도록 하고 있다. 한 예로, 생태계 개념은 '상호작용(interaction)'과 '순환(cycle)' 단위 각각에서 주요 개념들을 반복하여 다루고 있다.

마지막으로 대만의 경우는 교과서의 구성 체제 및 내용 전개가 우리나라와 유사한 특징을 보인다. 또한 학습자의 흥미를 유도하기 위한 다양한 그림이나 구체적인 예들이 다소 부족한 편이고, 초등학교와 중학교 모두 탐구활동을 위한 별도의 자료가 없었다. 하지만 중요 과학 개념에 대해서는 우리나라와 달리 초등학교와 중학교 모두 그 개념의 용어와 구체적인 설명을 명확히 제시하는 특징을 보여준다. 한편, 대만은 한자어를 사용하므로 개념 용어 자체가 그 의미를 포함하고 있기 때문에 용어의 의미를 따로 설명할 필요가 없어 학생들이 개념을 보다 쉽게 이해할 수 있는 장점을 갖고 있다.

2. 세 국가의 과학 교과서에 제시된 핵심 개념들의 제시 방식 비교

TIMSS 2007 생물 영역의 주제별 평가 목표 중 우리나라가 싱가포르나 대만보다 성취가 낮은 주제들은 ‘세포와 그 기능’, ‘생태계’, ‘건강’ 이었다. 다음에서는 세 국가의 과학 교과서에서 이 주제들에 대한 핵심 개념들을 도입하는 시기와 내용 제시 수준을 비교하였다.

1) 세포와 그 기능

TIMSS 2007의 평가목표에서 ‘세포와 그 기능’ 주제에 포함된 핵심 개념들을 선정한 후, 우리나라, 싱가포르, 대만의 과학 교과서에서 각 핵심 개념의 도입 시기와 내용 제시 수준을 비교하여 표 7에 제시하였다.

‘세포와 그 기능’ 주제에 대해 우리나라 교과서의 제시 방식을 보면, 전체 16개의 핵심 개념 중 세포 분열을 제외한 15개의 개념들이 3~8학년 중 1회 이상 다루어지고 있다. 그러나 각 개념별로 구체적으로 학습이 이루어지는 시기와 순서는 차이가 있다. 싱가포르 교과서의 제시 방식을 보면, 전반적으로 핵심 개념

들이 우리나라보다 저학년에서 도입되고, 여러 학년에서 반복적으로 제시되고 있음을 알 수 있다. 다만 교과서의 경우는 대체로 7학년에서 핵심 개념들을 처음으로 도입하면서 TIMSS 2007 평가 목표에 적합한 수준으로 제시되고 있다. 또한 세포 소기관 중 세포막에 대한 개념은 막을 통한 수소 이온의 이동과 같은 매우 심화된 개념까지 다루고 있다. TIMSS 2007의 ‘세포와 그 기능’에 해당하는 평가 목표별로 각 국 교과서의 내용 제시 수준을 비교해 보면 다음과 같다.

(1) 모든 생물(단세포, 다세포 생물 모두)은 세포로 구성되어 있음을 설명한다. 세포는 생명 기능을 수행하고, 생물체가 성장하거나 재생하는 동안 세포 분열이 일어나며, 조직, 기관, 기관계는 특수한 구조와 기능을 가진 세포 집단으로부터 형성됨을 안다.

우리나라의 경우, 단세포 생물과 다세포 생물에 대한 개념은 7학년 ‘생물의 구성’ 단원에서 처음으로 도입되며 구체적인 내용을 다루고 있다. 또한 조직, 기관, 기관계 등의 개념은 3학년에서 처음으로 도입되고, 이후 여러 학년에서 부분적으로 반복하여 다룬다.

표 7 ‘세포와 그 기능’에 포함된 핵심 개념의 도입 시기 비교

국가	개념	3			4			5			6			7			8		
		K	S	T	K	S	T	K	S	T	K	S	T	K	S	T	K	S	T
	단세포 생물								○					○	○	○			
	다세포 생물		△						○					○	○	○			
	세포 분열								○					△	○				
	성장, 재생		△		△				○					○	○				
	조직, 기관, 기관계	△	○		○	○		○	○		○		△	○	○	○	○	○	○
	세포 구조								○					○	○	○			
	세포 소기관								○					○	◎	◎			
	동물 세포								○					○	○	○			
	식물 세포								○					○	○	○			
광합성	엽록소								○						○	○	○		
	CO ₂ 흡수		○			△			○					○	○	○			
	양분생성		○		△	△		○	○					○	○	○			
	산소방출		○					○	○					○	○	○			
호흡	O ₂ 필요성		△			○			○		△			○	○	○	○		
	에너지생성								○					○	○	○	○		
	CO ₂ 방출					○			○		△			○	○	○	○		

K: 우리나라, S: 싱가포르, T: 대만

△: 개념이 TIMSS 2007 평가목표에 미흡한 수준으로 제시된 경우
 ○: 개념이 TIMSS 2007 평가목표에 적합한 수준으로 제시된 경우
 ◎: 개념이 TIMSS 2007 평가목표보다 심화된 수준으로 제시된 경우

하지만 세포 분열 개념은 3학년~8학년까지 전혀 다루지 않고, 성장이나 재생 개념은 4학년에서 TIMSS 2007 평가목표보다 미흡한 수준으로 1회 다루고 있다. 이런 체세포 분열, 생식세포 분열, 성장 등의 개념은 9학년의 생식과 발생 단원에서 비로소 구체적으로 다루고 있다. 이런 개념들이 한 학년에서 집중적으로 다루이지 않고 여러 학년에 나누어 부분적으로 제시되어 있고, 세포 분열 개념은 8학년까지 다루지 않음으로써 성장과 재생의 기초를 설명하지 않고 있다. 따라서 학생들은 이 평가 목표 내의 세포 관련 개념들을 연결짓지 못하고 단편적 지식으로 학습할 가능성이 크다는 문제점을 보여주고 있다.

싱가포르의 경우, 5학년의 '계(System)' 주제에서 이 핵심 개념들을 모두 TIMSS 2007 평가목표에 적합한 수준으로 제시하고 있다. 생물의 구조적, 기능적 기본 단위인 세포를 소개하고 다양한 세포의 예들을 제시하고 있으며, 동물과 식물에서의 호흡계, 동물의 순환계, 식물의 수송계 등을 구체적으로 다룬다. 이후 7학년의 '세포에서 개체까지'의 단원에서 관련 개념들을 반복하여 다루고 있다. 또한 조직, 기관, 기관계의 개념은 3, 4, 5, 7, 8학년에서 동물과 식물의 체제(조직, 기관)를 다룰 때 반복하여 제시하고 있다(그림 1). 싱가포르 교과서는 우리나라와 달리 세포 관련 개념들은 한 학년의 특정 단원에서 함께 다루고 있으므로 학생들이 이 개념에 대한 포괄적인 이해를 더 쉽게 할 수 있을 것으로 여겨진다.

대만의 경우, 이 평가 목표의 개념들을 7학년 상권에서 한 번만 다룬다. 7학년의 '생물체의 조성' 단원

에서 생물은 모두 세포로 구성되어 있으며, 이 세포들이 모여 조직, 기관, 기관계를 구성하여 특수한 기능을 수행하게 된다고 제시한다. 또한 세포 분열과 성장의 개념은 7학년 '생식' 단원에 제시되어 있는데, 세포 분열 각 시기의 특징을 그림과 함께 구체적으로 설명하고 있다. 이와 함께 세포 관련 개념들을 7학년의 2개 단원 '생물체의 조성'과 '생식' 단원에서 반복하여 학습하고 있어 학생들이 이 개념들을 서로 연계하여 학습하기가 용이할 것으로 판단된다.

(2) 세포 구조와 세포 소기관의 기능을 안다(세포벽, 세포막, 핵, 세포질, 엽록체, 미토콘드리아, 액포). 동물과 식물 세포를 비교한다.

우리나라의 경우, 7학년에서 세포 구조와 세포 소기관에 대해 처음으로 다루고, 세포벽, 세포막, 핵, 세포질, 엽록체, 액포, 미토콘드리아 등의 세포 소기관들을 소개하지만, 그 기능에 대한 구체적인 개념은 다루고 있지 않다. 핵은 세포의 생명 활동을 조절하며, 세포막은 세포질을 싸고 물질이 드나드는 통로로 설명되어 있을 뿐이고, 핵 속의 염색체나 유전자에 대한 내용은 다루지 않는다. 또한 현미경 관찰을 통해 식물 세포와 동물 세포의 특징을 비교하고 있으며, 이때 식물 세포에만 있는 것으로 세포벽, 엽록체, 액포 등을 제시하고 있다.

싱가포르의 경우는 세포 구조와 세포 소기관에 대하여 우리나라보다 더 이른 시기에 도입하며, 5학년과 7학년에서 구체적인 내용을 반복하여 다루고 있다. 5학년에서 벌써 현미경을 사용하여 세포를 관찰하게

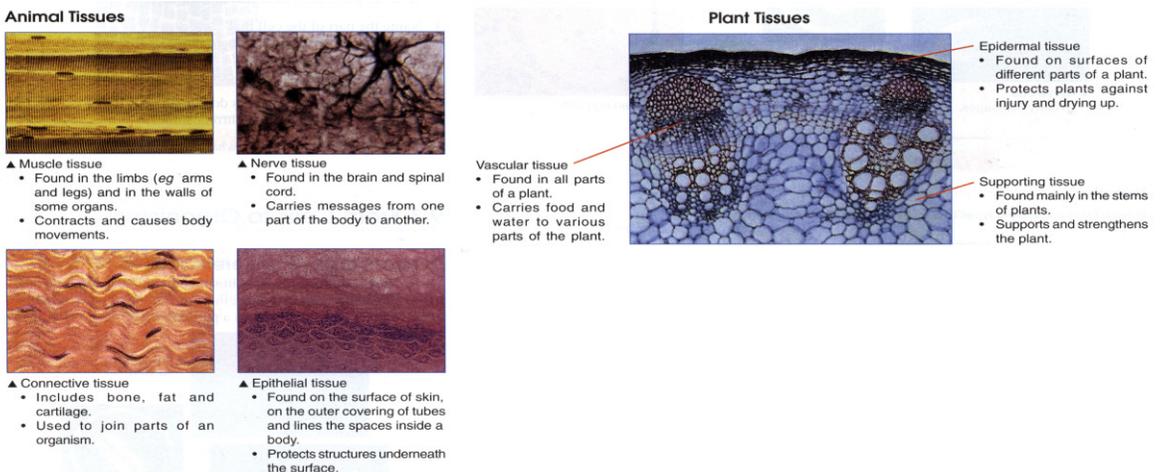


그림 1 싱가포르 교과서에 제시된 '동물 조직과 식물 조직' 비교(7학년, 140쪽)

하며, 세포 소기관에 대해서도 핵, 세포질, 엽록체, 세포막, 세포벽의 특징을 구체적으로 기술하고 있다. ‘Going Further’ 코너에서는 핵 속의 염색체, 유전자, DNA 개념을 소개하고 있으며, 이후 7학년에서는 세포 소기관의 개념은 TIMSS 2007의 평가목표보다 더 심화된 수준으로 제시하고 있다. 그림 2에서와 같이 사람 세포 1개에는 46개의 염색체가 들어있고, 염색체 속에 DNA가 있다고 설명한다. 또한 세포막을 통한 물질의 수송 과정에서 확산 개념도 다루고 있어 세 국가 중 가장 심화된 수준으로 다루고 있음을 알 수 있다.

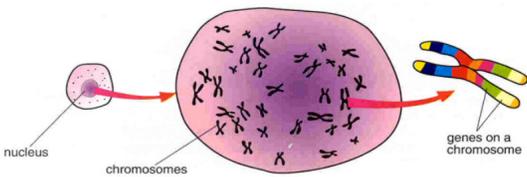


그림 2 싱가포르 교과서에 제시된 ‘염색체와 유전자’ (7학년 136쪽)

대만 교과서는 이 평가 목표의 개념들을 7학년 ‘생물체의 구성’ 단원에서 다루고 있다. 세포는 현미경을 사용하여만 관찰 가능한 아주 작은 단위임을 제시하고, 동물 세포와 식물 세포의 차이점을 설명하고 있다. 또 세포 소기관으로 핵, 미토콘드리아, 엽록체, 액포, 세포막의 구조와 기능을 제시하고 있다(그림 3). 특히 세포막에 대하여는 인지질 이중층과 막단백질 구조를 그림으로 나타내고 이를 통한 물질 이동을 설명하고 있어 TIMSS 2007의 평가 목표보다 더 심화된 수준까지 다루고 있다.

(3) 식물 세포에서 일어나는 광합성 과정을 설명한

다(빛, 이산화탄소, 물, 엽록소의 필요성; 양분 생성, 산소 방출).

우리나라의 경우, 식물의 광합성 개념은 4학년에서 처음으로 도입하고, 5학년의 ‘식물의 잎이 하는 일’ 단원에서 식물의 잎은 햇빛을 받아 양분을 만들고 산소를 방출한다는 구체적인 개념을 다루고 있다. 하지만 주로 현상 중심으로 제시하고, 광합성을 하는데 필요한 성분이나 엽록소와 같은 내용은 다루지 않고 있다. 8학년에서는 ‘식물의 구조와 기능’ 단원에서 광합성에 대하여 매우 상세하게 다루고 있다. 잎의 엽록체가 있는 조직, 엽록소 등을 소개하고 있으며, 광합성에 필요한 물질과 광합성으로 생성되는 물질을 알아보는 실험 등도 제시하고 있다. 또한 광합성에 영향을 주는 환경 요인으로서 빛의 세기나 온도에 따른 광합성량을 나타내는 그래프를 제시하고 있다.

싱가포르의 경우는, 3학년의 ‘계(System)’ 단원에서 광합성에 관한 개념을 TIMSS 2007 평가목표에 부합되는 수준으로 다루고 있다. 식물의 잎은 이산화탄소를 흡수하여 양분을 생성하고 산소를 방출한다고 설명하고 있지만, 엽록소에 관한 것은 다루지 않고 있다. 이후 5학년의 ‘에너지’ 단원과 7학년의 ‘광합성과 호흡’ 단원에서 광합성에 대한 개념을 상세하게 다루고 있다. 광합성에 필요한 물질과 광합성으로 생성되는 물질을 제시하고, 잎 속의 엽록소에서 햇빛이 포획됨을 제시하고 있다(그림 4). 또한 7학년에서는 광합성에 관한 역사적 실험인 헬몬트의 실험, 프리스틀리, 잉겐호우스의 실험 등을 추가하여 다룸으로써 광합성에 대한 학생들의 이해를 돕고 있다. 따라서 싱가포르는 여러 학년에서 광합성 개념을 반복하여 제시하고 있고, ‘계(System)’ 와 ‘에너지’ 단원에서 동시에 다룸으로써, 광합성 개념에 대해 다양한 차원에서 접근

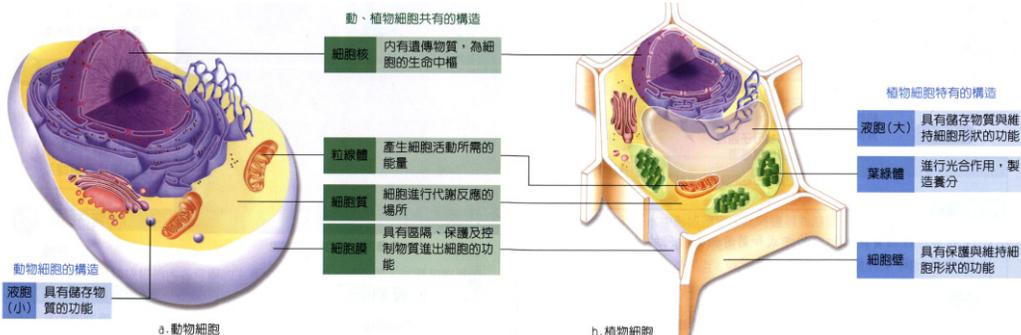


그림 3 대만 교과서에 제시된 ‘동물 세포와 식물 세포의 구조’ (7학년-상 38~39쪽)

할 기회를 제공하고 있음을 알 수 있다.

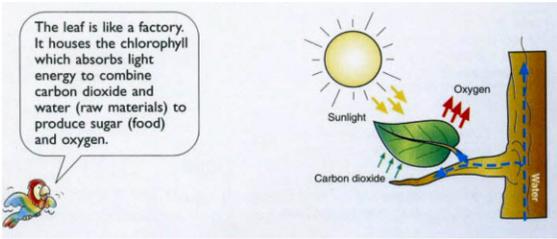


그림 4 싱가포르 교과서에 제시된 '광합성 과정' (5학년, 134쪽)

대만의 경우는 광합성 개념을 7학년의 '생물체의 영양' 단원에서 처음으로 다루고 있다. 식물의 잎 조직 단면(표피, 책상조직, 해면조직, 기공과 공변세포)과 엽록체의 내부 구조(그라나, 스트로마)를 그림으로 제시하고, 광합성에 필요한 물질과 광합성으로 생성되는 물질을 확인하는 실험 과정을 다루고 있다. 비록 광합성 개념을 7학년에서 1회만 다루고 있지만, TIMSS 2007의 평가 목표에 부합하는 수준으로 구체적인 개념들을 모두 설명하고 있으므로 학생들이 관련 개념을 효율적으로 학습할 수 있는 장점을 갖는다고 판단된다.

(4) 식물과 동물 세포에서 일어나는 호흡 과정을 설명한다(산소의 필요성, 에너지를 생산하기 위한 음식물 분해, 이산화탄소의 방출).

우리나라의 경우, 6학년의 '우리 몸의 생김새' 단원에서 호흡에 대한 개념을 처음으로 도입하고 있다. 하지만 에너지 생성의 관점에서 다루지 않고, 숨을 쉴

때 어떤 일이 일어나는지에 대해서 다루고 있다. 또한 7학년의 '호흡' 단원에서 '땅콩 태우기' 실험을 통해 호흡의 의미를 학습하게 하는데, 땅콩을 태울 때 에너지가 발생하는 것처럼 우리 몸에서도 영양소를 분해하여 에너지를 얻으며, 이 호흡의 결과 발생한 에너지는 생명 활동에 이용된다고 설명하고 있다(그림 5). 8학년에서는 식물의 호흡을 다루고 있지만 기체 교환의 관점에서 제시하고 에너지 생성의 개념은 명시적으로 다루지 않고 있다. 따라서 호흡 개념도 여러 학년에서 부분적으로 다루기는 하지만, 호흡과 에너지의 관점에서 본질적인 의미를 명료하게 제시하지 않는 문제점이 있음을 알 수 있다.

싱가포르의 경우는 4학년에서 호흡 개념을 처음으로 도입하고, 이후 5학년의 '계(System)' 단원에서 식물의 호흡과 동물의 호흡 운동(breathing)을 다루면서 호흡(respiration)을 통해 영양분을 분해하여 에너지를 생성한다는 개념을 설명하고 있다. 7학년에서도 세포에서 양분을 분해하여 생물이 살아가는데 필요한 에너지를 생성한다고 반복하여 제시하고 있다. 또한 세포 호흡(respiration)과 호흡 운동(breathing)의 개념을 명확히 비교함으로써 학생들이 오개념을 갖는 것을 방지하고 과학적 개념을 형성할 수 있도록 돕고 있다(표 8).

대만의 경우는 7학년의 '생물체의 항상성' 단원에서 호흡 개념을 처음으로 도입하고 TIMSS 2007 평가목표에 적합한 수준으로 제시하고 있다. 생물은 생명 현상을 유지하기 위해 에너지를 필요로 하며, 세포 내에서 포도당은 산소와 반응하여 에너지를 생성하

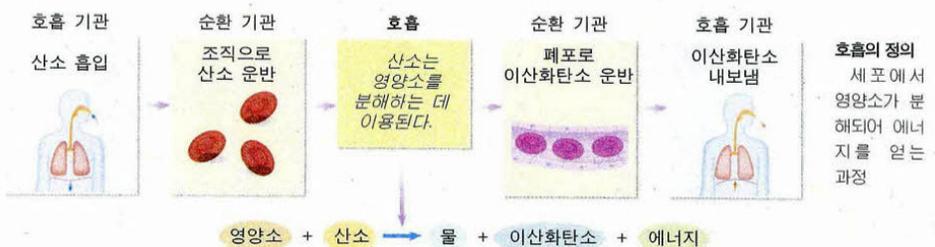


그림 5 우리나라 교과서에 제시된 호흡의 정의 (7학년, 187쪽)

표 8 싱가포르 교과서에 제시된 세포 호흡과 호흡 운동의 비교 (7학년, 184쪽)

세포 호흡(respiration)	호흡 운동(breathing)
<ul style="list-style-type: none"> · 모든 세포에서 일어남 · 양분으로부터 에너지 방출을 포함하는 과정 · 호흡 운동을 통해 획득한 산소를 사용함 	<ul style="list-style-type: none"> · 폐에서 일어남 · 신체 내부와 외부 사이의 기체교환 과정 · 호흡의 결과 생성된 이산화탄소를 제거함

고, 물과 이산화탄소를 배출하게 된다고 기술하고 이를 호흡 작용이라고 설명하고 있다. 식물은 이때 필요한 산소를 잎과 줄기의 기공, 줄기의 피목, 뿌리의 표피 세포를 통해 받아들이고, 동물은 각기 특수하게 발달한 호흡 기관을 통해 기체 교환이 일어난다고 제시하고 있다. 대만 교과서는 7학년에서 호흡을 에너지 관점에서 설명하고 있지만, 싱가포르의 경우처럼 호흡 운동(breathing)과 세포 호흡(respiration)을 명확하게 구분하여 제시하지는 않고 있다.

‘세포와 그 기능’ 주제에 대한 세 국가의 교과서 분석을 종합하면, 싱가포르의 경우 ‘세포와 그 기능’에 대한 핵심 개념들이 우리나라보다 저학년 때 도입되고, 반복 학습과 함께 ‘계(system)’와 ‘에너지’ 단원 등 포괄적인 개념 체계로 구성되어 있는 점이 TIMSS 2007에서 우리나라보다 학생들의 성취가 높게 나타난 한 원인을 제공하였다고 판단할 수 있다. 대만의 경우는 이 주제의 핵심 개념들을 7학년에서 단 1회만 다루고 있지만, TIMSS 2007 평가목표에 적합한 수준으로 구체적인 내용들을 설명하고 있기 때문에 우리나라와 비슷한 성취를 보였다고 여겨진다. 이 주제에 대하여 우리나라 7차 과학 교육과정을 살펴보면, 6학년의 ‘우리 몸의 생김새’ 단원과 7학년의 ‘생물의 구성’ 단원에서 이 내용을 다루고 있다. 하지만, 6학

년에서는 우리 몸을 구성하는 각 기관의 위치와 기능에 대하여 간략하게 다루고 있고, 세포 수준에서의 개념은 다루지 않는다(교육부, 1997). 또한 7차 개정 교육과정에서도 6학년의 ‘우리 몸’ 단원에서 각 기관의 기본적인 기능을 다루면서 소화, 순환, 호흡, 배설, 감각 등의 기능이 유기적으로 관련되어 있음을 인식하도록 한다고 되어 있다(곽영순 외, 2007). 따라서 학생들은 초등 교육과정에서는 세포를 전혀 배우지 않으며, 호흡 개념도 호흡 기관의 위치와 생김새, 호흡 과정 측면에서 학습할 뿐이고, 7학년에서 처음으로 세포와 호흡에 관한 개념을 학습할 수 있게 된다. TIMSS 2007 결과를 바탕으로 생명 영역의 주요 개념인 세포, 호흡 개념을 교육과정 상 어느 시기에 도입하는 것이 타당한지에 대한 과학 교육전문가들의 논의가 필요하다고 생각된다.

2) 생태계

우리나라는 TIMSS 2007 평가목표의 ‘생태계’ 주제에 대하여 싱가포르와 대만 두 국가에 비해 학생들의 성취가 유의하게 낮게 나타났다. 세 국가의 과학 교과서에서 ‘생태계’ 주제에 대한 각 핵심 개념의 도입 시기와 내용 제시 수준을 비교하여 표 9에 제시하였다.

우리나라 교과서는 ‘생태계’ 주제에 대해 전체 15

표 9 ‘생태계’에 포함된 핵심 개념의 도입 시기 비교

개념	국가	3			4			5			6			7			8			
		K	S	T	K	S	T	K	S	T	K	S	T	K	S	T	K	S	T	
광합성과 호흡의 역할		△				△			○		△	○			○	○	○	○		
에너지의 흐름						△			△			○			○					
생산자		△				△			△		○	○			○					
분해자											○	○								
소비자		△				△			△		○	○			○					
먹이피라미드		△				△					○	○			○					
먹이그물		△				△					○	○			○					
물질순환											○				○					
개체군									△			○			○					
경쟁과 포식									△			○			○					
개체군의 크기 제한요인											△	○			○					
생태계의 변화가 미치는 영향											○	○			○					
인구증가 원인															○					
인구증가와 환경 변화									△			○	○	○						○
자연 재해									△		△	△	○							

K: 우리나라, S: 싱가포르, T: 대만

△: 개념이 TIMSS 2007 평가목표에 미흡한 수준으로 제시된 경우
 ○: 개념이 TIMSS 2007 평가목표에 적합한 수준으로 제시된 경우
 ◎: 개념이 TIMSS 2007 평가목표보다 심화된 수준으로 제시된 경우

개의 핵심 개념들 중에서 8개는 1회 이상 그 내용을 구체적으로 제시하며, 개체군, 경쟁과 포식, 개체군의 크기 제한 요인, 자연 재해 등 4개 개념은 TIMSS 2007 평가목표에 미흡한 수준으로 제시되고 있다. 하지만 에너지의 흐름, 물질 순환, 인구 증가 원인 등 3개 개념은 3학년에서 8학년까지의 과정 중 한 번도 다루고 있지 않다. 이와 비교하여 싱가포르 교과서는 15개의 핵심 개념 중 13개가 6학년과 8학년에서 2회 이상 반복하여 구체적으로 다루고 있고, 자연 재해 개념은 6학년에서만 1회 제시되며, 인구 증가 원인의 개념은 3학년에서 8학년까지의 교과서에서 한 번도 다루고 있지 않다. 대만 교과서의 경우는, 생태계에 관한 15개의 핵심 개념 중 자연 재해를 제외한 14개 개념에 대해 7학년의 '생물과 환경'과 '환경 보호와 생태 평형' 단원에서 TIMSS 2007 평가목표에 적합한 수준으로 제시하고 있다. 이 단원에서는 생태계 관련 핵심 개념들을 생물과 환경의 관계, 에너지 이동과 물질 순환, 개체군과 군집, 다양한 생태계, 환경 보호와 생태 평형 등의 주제로 구분하여 상세하게 설명하고 있다.

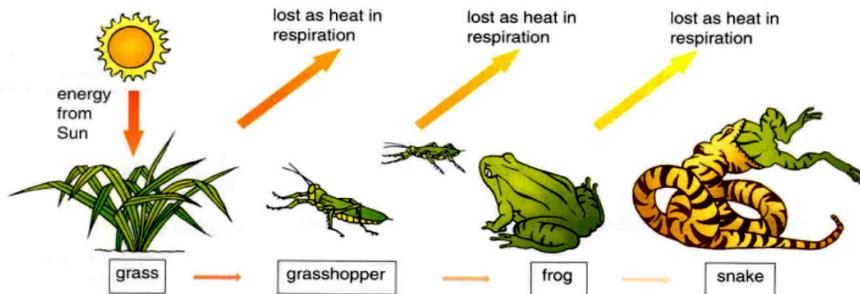
다음에서는 TIMSS 2007의 '생태계' 주제에 해당하는 평가 목표별로 각 국 교과서의 내용 제시 수준을 비교해 보았다.

(1) 생태계에서 에너지의 흐름(광합성과 호흡의 역할, 그리고 개체에서 음식물의 저장과 에너지 산물들)에 대하여 안다. 각각의 다른 개체들을 생산자, 분해자, 소비자로 구분한다. 먹이 피라미드나 먹이 그물을 그리거나 해석한다.

우리나라의 경우, 이 평가 목표의 개념을 3학년에서 일부 도입하고 있다. '물에 사는 생물들의 먹이 관계'와 '물에 사는 생물과 환경의 관계'에서 녹조류가

햇빛을 받아 자란 다음 물벼룩의 먹이가 된다고 설명하며, 물속에 사는 녹조류, 물벼룩, 우렁이, 붕어, 왜가리 사이에 먹고 먹히는 관계에 대해 간략하게 다루고 있다. 또한 6학년의 '쾌적한 환경' 단원에서는 생물이 살아가는데 필요한 양분을 얻는 방법, 생물 사이의 먹고 먹히는 관계, 먹이 피라미드 등에서 광합성과 호흡의 역할, 생산자, 분해자, 소비자, 먹이 피라미드, 먹이 그물 등의 용어와 그 예를 구체적으로 제시하고 있다. 하지만 생태계에서의 에너지 흐름의 관점, 즉 각 단계의 개체에서 양분의 저장과 에너지 산물들의 이동에 관해서는 다루고 있지 않다.

싱가포르의 경우 4학년에서 광합성과 호흡의 역할, 에너지의 흐름, 생산자, 소비자, 먹이피라미드, 먹이 그물 등의 개념을 처음으로 도입하고 있다. 5학년에서는 광합성을 다루면서 식물에 의해 만들어진 양분은 동물의 먹이가 되고, 이것이 에너지 흐름의 기초가 된다고 설명하고 있다. 이후 6학년의 '상호 작용' 단원에서 인구증가 원인을 제외한 '생태계'의 핵심 개념 전체를 TIMSS 2007 평가목표에 적합한 수준으로 다루고 있다. 먼저 '생명의 그물(The web of life)' 단원에서 생산자, 1차 소비자, 2차 소비자의 개념을 설명하고 이들 개체들 사이의 먹이 사슬에 대한 다양한 예들을 제시한다. 또 먹이 그물은 다양한 개체들 간의 먹이 관계를 나타내며, 이 유기체들을 통해 먹이의 형태로 에너지가 전달됨을 보여주고 있다. 분해자의 개념을 구체적으로 설명하고 박테리아나 균류 등을 그 예로 들고 있다. 8학년에서는 이 평가목표의 개념들이 반복하여 제시되고 있는데, '생태계에서 에너지의 흐름' 단원에서 생태계의 정의, 생태계에서의 에너지 흐름, 먹이 연쇄, 먹이 그물 등의 개념을 구체적으로 설명하고 있다(그림 6).



▲ A summary of the energy flow in a food chain.

그림 6 싱가포르 교과서에 제시된 '먹이사슬에서의 에너지 흐름' (8학년, 240쪽)

대만의 경우, 이 평가 목표의 개념들을 7학년의 ‘생물과 환경의 관계’ 단원에서 처음으로 도입하며, 1회만 다루고 있다. 생산자, 소비자, 분해자, 먹이사슬과 먹이 그물, 에너지 피라미드, 생물 에너지 등의 용어를 정의하고, 이들에 대한 구체적인 예를 제시하며 설명하고 있다(그림 7). 또한 학생들로 하여금 먹이그물과 에너지 피라미드를 직접 구성해 보게 하는 탐구 활동도 제시하고 있다. 비록 이 개념들이 7학년에서 처음으로 도입되지만 TIMSS 2007 평가목표에 적합한 수준으로 다루고 있으며, TIMSS 검사가 8학년에 실시되는 것을 고려하면 학생들이 비교적 최근에 학습한 개념들이므로 그 성취를 높일 수 있었을 것으로 판단된다.



圖5-10 能量在食物鏈中大部分會逐漸以熱能的形式逸散至環境中

그림 7 대만 교과서에 제시된 ‘에너지의 흐름’ (7학년-하, 116쪽)

(2) 지구의 표면을 통한 물질 순환(예: 산소, 이산화탄소, 물, 다른 원소들)시 각 개체의 역할, 그리고 개체들이 분해되고 원소들이 재순환되어 환경으로 되돌아간다는 것을 기술한다.

우리나라 교과서는 3학년~8학년 과정 중 생태계에서의 물질 순환에 대한 개념은 다루고 있지 않다. 6학년의 ‘쾌적한 환경’ 단원에서 생산자, 소비자, 분해자는 언급하지만 각 생물적 요소의 기능보다는 이들 사이의 먹고 먹히는 관계에 초점을 맞추고 있을 뿐이다.

싱가포르는 6학년의 ‘생명의 그물’ 단원에서 먹이사슬 개념을 다룰 때 생산자, 1차 소비자, 2차 소비자를 통해 화학 에너지가 양분의 형태로 전달되고, 분해자에 의해 이 유기체들이 분해되고 이때 생성된 이산화탄소와 물은 다시 환경으로 되돌아간다고 설명한다. 즉, 각 개체들의 역할을 구체적으로 제시함으로써 생태계에서의 물질 순환에 대한 이해를 돕고 있다. 그 후 8학년의 ‘생태계에서 양분의 순환’ 단원에서 생물적 요소들의 역할, 탄소의 순환, 질소의 순환 과정에

대해 반복하여 설명하고 있다.

대만의 경우는 7학년의 ‘에너지 이동과 물질 순환’ 단원에서 이 평가 목표의 개념을 구체적으로 다루고 있다. 탄소의 순환과 질소의 순환에 대해서 TIMSS 2007 평가목표에 적합한 수준으로 제시하고 있으며, 대기 중의 질소를 고정하는 뿌리혹 박테리아에 대해서도 다루고 있다. 대만의 경우 이 물질 순환에 대한 개념은 우리나라나 싱가포르보다 더 심화된 수준으로 제시하고 있음을 알 수 있다.

(3) 생태계에서 개체군의 상호 의존성을 경쟁과 포식의 관점에서 토의한다. 개체군의 크기를 제한할 수 있는 요인(예: 질병, 포식자, 먹이, 가뭄)들을 안다. 가용한 자원과 개체군들 사이의 균형에 대해 생태계의 변화(예: 기후, 물 공급, 음식물 공급, 인구변화, 이동)가 미치는 영향들을 고려한다.

우리나라의 경우, 이 목표의 개념들을 5학년의 ‘환경과 생물’ 단원에서 처음으로 도입한다. 생물들 간에 서로 도움을 주고받는 경우, 한쪽 생물에게만 이득이 되는 경우, 봉숭아를 뺨뺨하게 심었을 경우의 자람, 사람이 환경에 끼치는 영향 등을 제시하여 경쟁과 포식, 개체군, 인구 증가와 환경 변화 등의 개념을 부분적으로 다룬다. 그 후 6학년의 ‘생태계의 평형’ 단원에서 어떤 섬에 서식하는 사슴의 수와 늑대 사이의 관계를 다루고 경쟁과 포식, 개체군의 크기를 제한하는 요인에 관련한 개념을 부분적으로 소개하고 있지만, 구체적인 용어나 개념들은 제시하지 않고 있다. 이후 중학교 과학 교과서에서는 이 개념을 다시 다루지 않는다.

싱가포르의 경우, 이 목표의 개념들을 6학년에서 처음 도입하고 TIMSS 2007 평가목표에 적합한 수준으로 구체적인 내용을 다루고 있다. ‘환경’ 단원에서 생물체의 생존에 영향을 미치는 요인들을 물리적 환경, 먹이 자원, 다른 개체군의 존재 등으로 구분하여 각 요인들에 대해 구체적으로 설명한다. 환경에 대한 나쁜 요인으로 산불, 가뭄, 홍수, 외래종의 도입 등을 제시하기도 한다. 또한 ‘생명의 그물’ 단원에서 개체군과 군집의 정의를 설명하고, 서식지나 먹이에 대한 경쟁과 포식의 개념을 다룬다. 이후 8학년에서 ‘생태계 내의 생물체’란 주제로 생태계의 물리적 환경과 생물적 환경에 관련된 개념을 체계적으로 제시하고 있다. 따라서 싱가포르는 6학년의 ‘환경’과 ‘생명의 그물’ 단원에서, 8학년의 ‘생태계 내의 생물체’ 단원에

서 TIMSS 2007 평가목표에 적합한 수준으로 그 개념들을 다룸으로써 학생들이 '생태계'와 '환경'이라는 다양한 관점에서 핵심 개념들을 학습할 수 있는 기회를 제공하고 있다.

대만의 경우, 이 목표와 관련하여 7학년 하권의 '생물 상호간의 관계' 단원에서 그림 8과 같이 생물 간의 경쟁, 포식, 공생, 기생 등의 용어와 개념을 명확하게 설명하고 있다. 생물들은 유한한 자원을 두고 서로 간에 경쟁하며, 이런 경쟁은 개체군의 크기를 제한하여 균형을 유지한다고 제시하고 있다.

- 동물이 다른 동물을 잡아먹는 행위를 포식이라 한다. 이 포식은 생태의 안정과 평형에 중요한 역할을 한다.
- 한 생물이 다른 생물의 체내나 외부에서 생활하면서 한쪽은 손해를 보고 다른 한쪽은 이득을 보는 관계를 기생이라 한다.
- 두 종의 생물이 함께 생활할 때, 한쪽은 이득을 보고, 다른 한쪽은 이득과 손해를 모두 보지 않는 관계를 편리 공생이라 한다.
- 생물은 생존을 위해 유한한 먹이, 태양광, 물, 서식지, 배우자 등을 두고 경쟁한다.
- 이와 같은 생물 간의 상호작용은 서로의 생존과 발달, 진화에 영향을 미친다.

그림 8 대만 교과서에 제시된 '생물 상호간의 관계' (7학년-하, 111-112쪽)

또한 다양한 생태계를 다루면서 생태계 내 개체군 간의 관계와 생태계의 변화가 미치는 영향들에 대한 구체적인 개념을 설명하고 있다. 비록 대만의 교과서에는 이 개념들을 7학년에서 한번 다루지만, TIMSS 2007 평가목표에 적합한 수준으로 제시하고 있으므로 7학년과 8학년에서 전혀 다루지 않는 우리나라보다 학생들의 성취가 높을 것임을 예상할 수 있다.

(4) 세계의 인구가 늘어나고 있다는 것을 알고, 그 이유(예: 의학의 발전, 위생)를 알아낸다. 인구 증가가 환경에 미치는 영향을 토론한다.

우리나라 교과서의 경우, 인구 증가의 원인에 대한 개념은 3학년에서 8학년까지 다루지 않는다. 하지만 인구 증가가 환경에 미치는 영향은 5학년의 '환경과 생물' 단원에서 관련 개념을 일부 도입하고 있다. '사람과 환경은 서로 어떤 영향을 미칠까'라는 주제로 사람이 환경에 영향을 미치는 예들을 제시하고, 환경을

보호하는 방법을 조사하는 활동을 하고 있다. 그 후 6학년의 '쾌적한 환경' 단원에서 인간 활동의 결과로 인한 쓰레기, 자동차 매연 등의 환경오염을 제시한다. 하지만 개념적 설명보다는 환경 문제라는 시사적 관점에서 다루고 있어 싱가포르나 대만보다 그 과학적 개념의 수준은 낮게 제시되어 있음을 알 수 있다.

싱가포르의 경우, 인구 증가의 원인에 대한 개념은 다루지 않고 있다. 인구 증가가 환경에 미치는 영향은 6학년 '인간과 환경' 단원에서 TIMSS 2007 평가목표에 적합한 수준으로 제시하고 있고, 삼림 벌채, 대기 오염, 지구 온난화, 수질 오염, 토양 오염 등의 개념과 그것이 환경에 미치는 영향들에 대해서도 설명하고 있다. 또한 8학년 '물질 변화(Changing Matter)' 단원에서 화석 연료 사용으로 인한 대기 오염의 증가와 산성비의 영향, 지구 온난화로 인한 환경 변화 등을 다루고, 환경 보존을 위해 무엇을 할 수 있는지 생각해 보도록 하고 있다. 이러한 교과서의 주제 통합적 전개 방식이 학생들로 하여금 인구 증가와 환경에의 영향에 대한 이해를 향상시킬 수 있었을 것이다.

대만의 경우는 6학년 '생물과 환경' 단원에서 인간의 활동으로 인한 환경에의 영향을 구체적으로 다루고 있다. 경작을 위한 산림 개간, 하천 정비, 수력 발전 등이 환경에 어떤 영향을 미치는지와 인간의 활동으로 인한 수질 오염, 토양 오염, 대기 오염에 대하여 설명하고 있다. 이어서 7학년의 '환경 보호와 생태 평형' 단원에서 과학의 발전과 의학의 발달은 위생 환경을 대폭 개선하였고, 이것은 인간의 평균 수명을 연장 시킴으로써 인구가 빠른 속도로 증가하게 되었다고 설명하고 있다. 비록 대만 교과서에서 이 개념들을 6학년과 7학년에서 1~2회 정도 다루지만, TIMSS 2007 평가목표에 적합한 수준으로 제시하기 때문에 우리나라보다 학생들의 성취가 높게 나타난 것으로 생각된다.

(5) 자연재해(지진, 산사태, 산불, 화산 폭발, 범람, 폭풍)가 인간, 자연 생물, 환경에 미치는 영향을 설명한다.

우리나라의 경우, 자연 재해와 관련하여 5학년의 '화산과 암석' 단원에서 화산 폭발이 우리 생활에 미치는 영향을 처음으로 도입하고 있다. 이후 6학년의 '쾌적한 환경' 단원에서 생태계의 평형이 파괴된 예

들을 다루고 있는데, 그 과학적 개념은 설명하지 않고 생태계의 평형을 파괴하는 자연 재해의 예로 산불, 가뭄, 수질 오염, 산림 훼손 사진들을 제시하고 있을 뿐이다. 또한 6학년 '지진' 단원에서 지진을 설명하고 있지만, 지진이 미치는 영향을 다루기보다는 지진이 일어나는 기작에 초점을 맞추고 있다.

싱가포르의 경우, 6학년의 '환경' 단원에서 산불, 가뭄, 홍수 등의 자연 재해가 일어나는 원인과 그것이 자연, 생물, 인간에게 어떤 나쁜 영향을 미치는지에 대하여 구체적으로 제시하고 있다. 한 예로 오스트레일리아에서 해마다 일어나는 산불이 생태계에 어떤 영향을 미치는지에 대해, 굴을 파고 사는 동물들, 새들의 이동, 유칼립투스 나무의 독특한 특징 등을 흥미롭게 제시하여 학생들이 보다 쉽게 이해하도록 구성하고 있다.

대만의 경우는, 자연재해 개념에 대하여 TIMSS 2007 평가목표에 적합한 수준으로 다루고 있지 않다. 초등 5학년의 '지표의 변화' 단원에서 지진과 홍수에 대해 처음으로 제시하고 있지만, 환경적 관점에서가 아니라 지진과 홍수가 일어나는 원인, 피해, 예방 측면에서 간략하게 설명하고 있을 뿐이다. 따라서 우리나라와 비슷한 수준으로 이 평가목표의 개념들을 다룬다고 할 수 있다.

'생태계' 주제에 대한 세 국가의 교과서 분석을 종합하면, 우리나라는 두 국가에 비해 생태계 관련들을 매우 미흡하게 다루고 있으며, 7학년과 8학년에서는 전혀 다루고 있지 않는 문제점을 보여준다. 싱가포르의 경우 6학년과 8학년에서 생태계의 핵심개념 중 인구 증가의 원인을 제외한 모든 개념을 2회 이상 반복해서 다루고 있으며, 그 내용도 TIMSS 2007 평가목표에 적합한 수준으로 제시되어 있다. 또한 '생태계' 단원과 '환경' 단원에서 동시에 다루고 있어 학생들이 연계된 개념들을 포괄적으로 이해할 수 있도록 구성되어 있다. 한편, 대만의 경우는 핵심개념 대부분을 7학년에서 한번 다루고 있지만, TIMSS 2007 평가목표에 적합한 수준으로 제시하고 있다. 또한 학습 시기가 TIMSS 검사가 실시되는 8학년 바로 전 단계이므로 학생들의 성취 결과에 긍정적인 영향을 끼쳤을 것이라고 판단된다. '생태계' 주제에 대한 TIMSS 2007 평가목표를 보면, 생태계 내에서의 에너지 흐름, 물질 순환, 경쟁과 포식, 인구 증가와 환경, 자연 재해 등의 개념을 다루도록 되어 있다(Martin *et al.*,

2008). 이에 비해 우리나라 과학 교과서에서는 생태계 개념들을 일부 다루거나 거의 다루지 않고 있고, 7차 개정 교육과정에서도 6학년의 '생태계와 환경' 단원에서 생태계의 구성 요소, 환경 요소가 생물에 미치는 영향, 인간 생활이 생태계에 미치는 영향 등을 다루지만, 에너지의 흐름, 물질 순환, 개체군의 크기 제한, 인구 증가 원인 등은 다루지 않는다(곽영순 외, 2007). 앞에서 언급한 바와 같이 TIMSS의 평가목표는 교육과정에 기반하고 있으므로 각 국의 교육과정의 타당성을 점검할 수 있는 중요한 근거가 된다. 따라서 TIMSS 평가목표에 비추어 우리나라 과학교육과정에서 이 생태계의 주요 개념들을 어떻게 재구성하여 다루어야 하는지에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

3) 건강

우리나라는 TIMSS 2007 평가목표의 '건강' 주제에 대하여 싱가포르보다는 그 성취가 유의하게 높았고, 대만보다는 유의하게 낮게 나타났다. 우리나라, 싱가포르, 대만의 과학 교과서에서 '건강' 주제에 대한 각 핵심 개념의 도입 시기와 내용 수준을 비교하여 표 10에 제시하였다.

우리나라 과학 교과서의 경우, 3학년에서 8학년까지 '건강'에 대한 개념을 거의 다루지 않거나 관련 내용을 다룰 때도 부분적으로만 제시되어 있다. 6학년에서 식습관의 개념을 처음 소개하고, 7학년에서는 영양원과 영양소의 기능에 대해 구체적인 개념을 제시하고 있다. 그 밖에 감염 질환이나 몸의 자연 저항(면역) 등의 개념은 3학년에서 8학년까지 전혀 다루고 있지 않다. 싱가포르의 경우는 초등 3학년과 4학년에서 영양원의 관련 개념을 처음으로 제시하고, 그 후 8학년의 '소화' 단원에서 영양소(탄수화물, 단백질, 지방)와 그 기능에 대한 개념을 구체적으로 제시하고 있다. 하지만 '건강'의 관점이 아니라, '영양소의 소화'라는 관점에서 다루고 있을 뿐이다. 대만의 경우도 감염 질환, 전염병의 전파 방법, 몸의 면역, 질병 예방 등의 개념은 전혀 다루지 않고, 다만 7학년의 '생물체의 영양' 단원에서 음식물 속에 들어있는 영양소의 종류와 그 기능에 대해 제시하고 있을 뿐이다.

다음에서는 TIMSS 2007의 '건강' 주제에 해당하는 평가 목표별로 각 국 교과서의 내용 제시 수준을 비교해 보았다.

표 10
‘건강’에 포함된 핵심 개념의 도입 시기 비교

개념	3			4			5			6			7			8			
	K	S	T	K	S	T	K	S	T	K	S	T	K	S	T	K	S	T	
감염질환(감기, 홍역, AIDS)																			
감염과 전파방법																			
몸의 면역																			
질병 예방																			
식습관, 위생, 운동, 생활방식											△								
영양원		△			△								○		○			○	
영양소의 기능													○		○			○	

K: 우리나라, S: 싱가포르, T: 대만

△: 개념이 TIMSS 2007 평가목표에 미흡한 수준으로 제시된 경우
○: 개념이 TIMSS 2007 평가목표에 적합한 수준으로 제시된 경우
◎: 개념이 TIMSS 2007 평가목표보다 심화된 수준으로 제시된 경우

(1) 일반적인 감염질환(예: 유행성 감기, 홍역, 패혈성 인두염, AIDS)의 원인, 감염과 전파 방법, 방지 그리고 몸의 자연 저항(면역)과 치료 능력의 중요성을 기술한다.

우리나라, 싱가포르, 대만의 과학 교과서 3학년에서 8학년까지의 과정을 살펴본 결과, 세 국가의 교과서 모두 이 평가목표와 관련된 개념을 전혀 다루지 않고 있다.

(2) 건강을 유지하고 질병(예: 심장질환, 당뇨병, 피부암, 폐암) 예방 방지를 위한 식습관, 위생, 운동과 생활 방식의 중요성을 설명한다. 건강한 식생활에서 영양원과 영양소(비타민, 무기질, 단백질, 탄수화물, 지방)의 기능을 안다.

우리나라의 경우 6학년의 ‘우리 몸의 생김새’ 단원에서 영양분이 소화되는 과정을 제시하지만, 영양소의 기능에 대해서는 설명하지 않는다. 다만 음식을 지나치게 많이 먹거나 골고루 먹지 않으면 어떻게 될지를 토의하는 수준에서 건강한 식생활을 다루고 있다. 그 후 7학년의 ‘소화와 순환’ 단원에서 우리 몸에 필요한 영양소의 종류와 작용을 상세히 설명하고 있으며, 식품 속에 들어있는 영양소와 열량 등을 분석함으로써 올바른 식습관에 대한 개념도 구체적으로 다루고 있다. 하지만 심장 질환, 당뇨병, 피부암, 폐암 등의 질병예방 측면에서 위생, 운동, 생활방식 등의 중요성에 대한 개념은 다루고 있지 않다.

싱가포르의 경우는 이 평가 목표와 관련하여 우리나라보다 미흡한 수준으로 제시하고 있다. 3학년과 4

학년에서 영양원 관련 개념을 처음으로 도입하고, 5~7학년까지는 전혀 다루지 않고 있다. 그 후 8학년의 ‘소화’ 단원에서는 영양소(탄수화물, 단백질, 지방)와 그 기능에 대한 개념을 구체적으로 제시하고 있는데, 영양소가 분해되는 과정에 초점을 맞추어 설명하고 있다. 건강 유지의 관점에서 식습관이나 생활 방식의 중요성에 대해서는 전혀 다루고 있지 않다.

대만의 경우도 감염 질환, 전염병의 전파 방법, 몸의 면역, 질병 예방 등의 개념은 전혀 다루지 않는다. 7학년의 ‘생물체의 영양’ 단원에서 영양소 종류와 그 기능을 간략하게 설명하고, 영양소의 검출 반응을 제시하고 있을 뿐이다. 이 영양소에 대한 개념도 식습관이나 질병 예방 차원보다는 소화의 측면에서 다루고 있다.

‘건강’ 주제에 대한 교과서 분석을 종합하면, 세 국가의 교과서에서 비슷한 정도로 ‘건강’ 관련 개념을 다루지 않고 있다. 다만 영양소와 그 기능에 대해서만 7학년이나 8학년에서 제시하고 있다. 하지만 TIMSS 2007의 ‘건강’ 주제에 대하여 대만의 성취가 우리나라보다 유의하게 높았고, 싱가포르는 우리나라보다 유의하게 낮은 성취를 보인 것으로 보아 다른 측면에서의 그 원인을 파악하는 연구가 필요하다고 판단된다. 이를 위해 보건 관련 교과서의 내용이나 TIMSS 2007의 문항 내용을 분석하는 방안을 고려해 볼 수 있을 것이다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서 TIMSS 2007 결과 우수한 성취를 보

인 싱가포르, 대만과 우리나라 과학 교과서의 구성 체계를 분석하여 얻은 결론은 다음과 같다.

먼저 우리나라의 과학 교과서는 초등과 중등 모두 에너지, 물질, 생명, 지구 영역을 뚜렷하게 구분하여 각 학년별로 거의 동등한 비율로 제시하고 있으며, 여러 영역에 관련된 주제들을 내용 통합적으로 제시하지 않고 각 영역의 개념들로 구분하여 다루고 있다. 이런 구성 체제는 학생들이 어떤 주제의 관련 개념들을 통합적으로 이해하는 것을 저해할 가능성이 있다. 또한 초등학교에서는 관련 개념들을 현상적 관점에서 단편적으로만 제시하고 중요한 개념 용어들을 구체적으로 설명하지 않는 문제점이 있으며, 탐구의 관점에서는 초등과 중등 모두 대부분의 내용이 활동 과정과 질문만 제시되어 있고 개념이나 용어에 대한 구체적인 설명이 부족하여 학습자에게 적절한 도움을 주지 못하고 있다.

싱가포르의 과학 교과서는 우리나라와 달리, 학년별로 각 내용 영역의 비중이 다르게 제시되어 있으며, 한 주제 안에 여러 영역의 개념을 포함하는 주제 통합적인 접근을 취하고 있는 점이 특징이다. 핵심 개념들을 동일 학년에서 함께 다루는 경우가 많고, 동일한 개념이라도 서로 관련 있는 주제는 다른 단원에서 반복하여 다루고 있어 학생들이 연계된 개념들을 포괄적으로 이해하기 용이하도록 되어 있다. 또한 세 국가 중 가장 학습자 중심의 구성 체제를 보여주고 있다. 즉 학생들이 교과서만으로도 주요 개념을 이해할 수 있도록 내용이 상세하게 기술되어 있으며, 별도의 워크북이 있어 탐구 과정을 학생 스스로 잘 훈련할 수 있게 구성되어 있다.

대만의 과학 교과서는 각 학년별로 특정 내용 영역을 집중적으로 다루고 있어, 한 영역의 관련 개념을 한 학년에서 동시에 학습하게 되므로 학생들이 효율적으로 학습할 수 있을 것이다. 하지만 교과서의 내용은 학습자의 흥미를 유도하기 위한 다양한 그림이나 구체적인 예들이 다소 부족하고, 탐구 활동을 위한 별도의 활동지가 없으므로 교과서만으로 학습해야 하는 제한점이 있다. 한편, 대만은 한자어를 사용하므로 용어 자체가 그 내용적인 의미를 포함하고 있기 때문에 학생들이 개념 용어를 보다 쉽게 이해할 수 있는 장점을 갖고 있다.

다음으로 TIMSS 2007 결과 우리나라가 싱가포르나 대만보다 낮은 성취를 보인 주제는 '세포와 그 기

능', '생태계', '건강' 등이었고, 이 주제의 핵심 개념들에 대한 각 국 교과서의 내용 제시 방식을 비교하였다. '세포와 그 기능' 주제에 대해서 싱가포르의 경우는 핵심 개념들이 우리나라보다 저학년 때 도입되고, 여러 학년에서 반복적으로 제시되며, 주제 통합적으로 제시되어 있는 점이 우리나라 학생들보다 성취를 높일 수 있는 한 원인이 되었다고 여겨진다. 대만의 경우는 이 주제의 핵심 개념 대부분을 7학년에서 단 1회만 다루고 있지만, TIMSS 2007 평가목표에 적합한 수준으로 구체적인 내용들을 설명하고 있었다. '생태계' 주제에 대해서는 우리나라의 경우 두 국가와 비교하여 생태계 관련 개념들이 여러 학년에서 부분적으로 제시되거나 6학년에서 1회만 제시되어 있어 학생들의 성취가 낮은 한 원인을 제공했을 것으로 판단된다. 이에 비해 싱가포르는 대부분의 핵심 개념을 6학년과 8학년에서 반복해서 다루고 있으며, 그 내용도 TIMSS 2007 평가목표에 적합한 수준으로 제시되어 있다. 또한 '생태계'와 '환경' 단원에서 개념들을 함께 다루고 있어 학생들이 연계된 개념들을 포괄적으로 이해할 수 있도록 구성되어 있었다. 한편, 대만의 경우는 핵심개념 대부분을 7학년에서 한번 다루고 있지만, TIMSS 2007 평가목표에 적합한 수준으로 제시하고 있고, 학습 시기가 TIMSS 검사가 실시되는 8학년 바로 전 단계이므로 학생들의 성취 결과에 긍정적인 영향을 끼쳤을 것이라고 판단된다. '건강' 주제에 대해서는 세 국가의 교과서에서 비슷한 정도로 '건강' 관련 개념을 다루지 않고 있다. 하지만 TIMSS 2007의 '건강' 주제에 대하여 대만의 성취가 우리나라보다 유의하게 높았고, 싱가포르는 우리나라보다 유의하게 낮은 성취를 보인 것으로 보아 다른 측면에서의 그 원인을 파악하는 연구가 필요하다고 판단된다.

본 연구 결과로부터 우리나라 과학 교육과정과 교과서 구성 체제에 대하여 다음과 같은 시사점을 얻을 수 있다. 첫째, 과학 교과서의 내용 영역별 구성 비율에 대하여 재고할 필요가 있다. 우리나라는 학년에 상관없이 에너지, 물질, 생명, 지구의 각 내용 영역이 거의 동등한 비율로 나누어 제시되어 있다. 싱가포르나 대만의 경우는 학년에 따라 특정 내용 영역이 더 많은 비율로 제시되고 있으며, TIMSS 2007 평가들에서도 각 내용 영역의 비율이 다르고, 특히 생명 영역의 비율이 4학년과 8학년 모두 가장 높은 비율로 제시된다. 학생들의 학년별 특성에 따라 각 내용 영역의 비율이

어떻게 제시되는 것이 바람직한지에 대한 전문가들의 심층적인 논의가 있어야 할 것이다.

둘째, 과학 교과서에서 내용 영역의 구분과 핵심 개념들의 제시 방식을 재고해야 한다. 동일 주제의 관련 개념들은 내용 영역과 상관없이 주제 통합적으로 교과서의 단원을 포괄하여 구성하는 방안을 모색할 필요가 있다. 이런 주제 통합적인 접근은 각 내용 영역 간에 동일 개념의 불필요한 중복을 피할 수 있으며, 학습자의 횡적 개념망의 연결을 촉진할 수 있을 것이다.

마지막으로 각 내용 영역 내 주요한 핵심 개념들의 도입 시기와 그 개념을 다루는 적절한 수준에 대하여 재고할 필요가 있다. 우리나라의 경우 핵심 개념들이 대부분 초등 과학 교과서에 제시되기는 하나 현상 중심으로 제시되거나 단편적으로 제시될 뿐, TIMSS 평가목표에 적합한 수준으로 그 개념이나 용어를 설명하지 않는 경우가 많아 중학교 과정만으로는 핵심 개념들에 대한 충분한 학습이 이루어지지 못해 학생들의 성취가 낮게 나타나는 경향이 있다. 따라서 과학 교육과정과 교과서를 구성할 때, 핵심 개념이나 용어를 도입하는 적절한 시기와 그것을 다루는 수준에 대한 연구가 추가적으로 필요하다고 여겨진다.

국문 요약

본 연구에서는 TIMSS 2007결과 우수한 성취를 보인 우리나라, 싱가포르, 대만의 과학 교과서의 구성 체제와 핵심 개념들의 수준을 분석하였다. 그 결과, 우리나라의 과학 교과서는 에너지, 물질, 생명, 지구 영역을 뚜렷하게 구분하여 각 학년별로 거의 동등한 비율로 제시하고 있다. 싱가포르의 경우는 각 내용 영역이 분리되지 않고 한 주제 안에서 여러 영역의 개념을 포함하는 내용 통합적인 접근을 취하고 있다. 대만의 과학 교과서는 한 단원에 각각 한 가지 내용 영역을 포함하고 있다. 또 각 학년별로 특정 내용 영역을 집중적으로 다루고 있기 때문에 한 영역의 관련 개념을 한 학년에서 학습하는 경우가 많다. 다음으로 핵심 개념들의 수준을 살펴보면, TIMSS 2007 생명 영역에서 싱가포르나 대만이 우리나라보다 높은 성취를 보인 주제는 '세포와 그 기능', '생태계', '건강' 이었다. 이 주제의 핵심 개념들에 대해 싱가포르는 우리나라보다 저학년 때 도입하고, 여러 학년에서 반복적으로 제시하고 있다. 대만의 경우는 이 핵심 개념들을 3

학년에서 8학년까지의 과정 중 1회만 다루는 경우가 많지만, TIMSS 2007 평가 목표에 적합한 수준으로 설명을 제시하고 있다. 분석 결과를 고려할 때, 우리나라 과학 교과서에서 내용 영역의 구분과 핵심 개념들의 제시 방식을 재고할 필요가 있다.

참고 문헌

- 곽영순, 이미경, 최혁준, 정은영, 심재호, 신일용, 최원호, 김동영, 김범기, 이범홍, 김찬중, 이병언 (2007). 초·중학교 과학과 교육과정 해설 연구 개발. 한국교육과정평가원. 연구보고 CRC 2007-16.
- 김경희, 김수진, 김남희, 박선용, 김지영, 박효희, 정송 (2008). 수학·과학 성취도 추이변화 국제비교 연구 -TIMSS 2007 결과보고서-. 한국교육과정평가원. 연구보고 PRE 2008-3-3.
- 김경희, 김수진, 김미영, 김선희, 강민경, 박효희, 정송 (2009). PISA와 TIMSS 상위국과 우리나라의 교육과정 및 성취 특성 비교 분석. 한국교육과정평가원. 연구보고 PRE 2009-7-2.
- 교육부 (1997). 초·중등 학교 교육과정 -국민 공통 기본 교육 과정-. 교육부 고시 제 1997-15호[별책 1].
- 교육 인적 자원부 (2001). 과학 3-1. 서울: 대한 교과서 주식회사.
- 교육 인적 자원부 (2001). 과학 3-2. 서울: 대한 교과서 주식회사.
- 교육 인적 자원부 (2001). 과학 4-1. 서울: 대한 교과서 주식회사.
- 교육 인적 자원부 (2001). 과학 4-2. 서울: 대한 교과서 주식회사.
- 교육 인적 자원부 (2002). 과학 5-1. 서울: 대한 교과서 주식회사.
- 교육 인적 자원부 (2002). 과학 5-2. 서울: 대한 교과서 주식회사.
- 교육 인적 자원부 (2002). 과학 6-1. 서울: 대한 교과서 주식회사.
- 교육 인적 자원부 (2002). 과학 6-2. 서울: 대한 교과서 주식회사.
- 박윤배 (1998). 중학교 과학 교과서의 국제 비교. 한국과학교육학회지, 18(1), 19-34.
- 박정, 정은영, 김경희, 한경혜 (2004). 수학·과학 성취도 추이변화 국제비교 연구 -TIMSS 2003 결과 보고서-. 한국교육과정평가원. 연구보고 PRE

2004-3-2.

심소진, 최영준 (2005). 한국과 일본의 초·중·고등학교 과학 교과서 비교 연구 - 물리 영역을 중심으로-. 한국과학교육학회지, 25(4), 480-493.

유준희 (2001). 제3차 수학·과학 학업성취도 국제비교 반복 연구(TIMSS-R) 결과 중 물리 영역 성취도 분석을 통한 교육과정 개선 연구 과제의 추출. 한국과학교육학회지, 21(4), 757-772.

이광만, 허동, 이경운, 정문호, 방태철, 이기성, 안태근, 정상윤, 복완근, 정익현, 박병훈, 박정일, 정수도, 김경수, 박지극, 송양호, 이천기 (2001). 중학교 과학 1. 서울: (주) 지학사.

이광만 허동, 이경운, 정문호, 방태철, 이기성, 안태근, 정상윤, 복완근, 정익현, 박병훈, 박정일, 정수도, 김경수, 박지극, 송양호, 이천기 (2002). 중학교 과학 2. 서울: (주) 지학사.

이범홍, 김주훈, 이양락, 홍미영, 이미경, 이창훈, 신일용, 심재호, 광영순, 노태희, 최승언 (2006). 과학과 교육과정 개정(시안) 연구 개발. 한국교육과정평가원. 연구보고 CRC 2005-10.

정완호 (1995). 스스로 공부할 수 있는 자율학습의 교과서. 교과서 연구 21호.

정은영 (2005). TIMSS 2003에서 우리나라 중학생들의 생물 영역 성취도 분석. 한국생물교육학회지, 33(3), 277-290.

정충덕, 오홍식, 최진석, 강경희 (2007). 한국과 미국 초등학교 과학 교과서 삽화 비교 연구: 3 ~ 6학년 생명 영역을 중심으로. 한국과학교육학회지, 27(7), 639-644.

함수곤 (1995). 앞으로의 교과서의 기능. 교과서 연구 23호.

홍미영 (2006). TIMSS 2003 성취 수준에 따른 우리나라 중학생들의 과학 성취도 분석. 한국과학교육학회지, 26(2), 246-257.

Heyworth, R. M. (2004a). Explore your world with science discovery 1, Pearson Education South Asia Pte Ltd.

Heyworth, R. M. (2004a). Explore your world with science discovery 2, Pearson Education South Asia Pte Ltd.

Kim, C.-J. (2001). The Contents of Primary

Science in the National curricula of Korea, China and Japan. Journal of the Korean Association for Research in Science Education, 21(5), 924-943.

Leng, H. P., Yusoff, A. R., & Nanda, A. (2004). i · Science 3, Panpac Education Private Ltd.

Leng, H. P., Yusoff, A. R., & Nanda, A. (2004). i · Science 4, Panpac Education Private Ltd.

Leng, H. P., Yusoff, A. R., & Nanda, A. (2004). i · Science 5, Panpac Education Private Ltd.

Leng, H. P., Yusoff, A. R., & Nanda, A. (2004). i · Science 6, Panpac Education Private Ltd.

Martin, M. O., Mullis, I. V.S., & Foy, P. (2008). TIMSS 2007 International Science Report, TIMSS & PIRLS International Study Center.

史家瑩等 (2008). 國民小學 自然與 生活科技. 3上. 臺南:翰林出版事業股份有限公司.

史家瑩等 (2009). 國民小學 自然與 生活科技. 3下. 臺南:翰林出版事業股份有限公司.

史家瑩等 (2008). 國民小學 自然與 生活科技. 4上. 臺南:翰林出版事業股份有限公司.

史家瑩等 (2009). 國民小學 自然與 生活科技. 4下. 臺南:翰林出版事業股份有限公司.

史家瑩等 (2008). 國民小學 自然與 生活科技. 5上. 臺南:翰林出版事業股份有限公司.

史家瑩等 (2009). 國民小學 自然與 生活科技. 5下. 臺南:翰林出版事業股份有限公司.

史家瑩等 (2008). 國民小學 自然與 生活科技. 6上. 臺南:翰林出版事業股份有限公司.

史家瑩等 (2009). 國民小學 自然與 生活科技. 6下. 臺南:翰林出版事業股份有限公司.

史家瑩等 (2008). 國民中學 自然與 生活科技. 1上. 臺南:翰林出版事業股份有限公司.

史家瑩等 (2009). 國民中學 自然與 生活科技. 1下. 臺南:翰林出版事業股份有限公司.

史家瑩等 (2008). 國民中學 自然與 生活科技. 2上. 臺南:翰林出版事業股份有限公司.

史家瑩等 (2009). 國民中學 自然與 生活科技. 2下. 臺南:翰林出版事業股份有限公司.